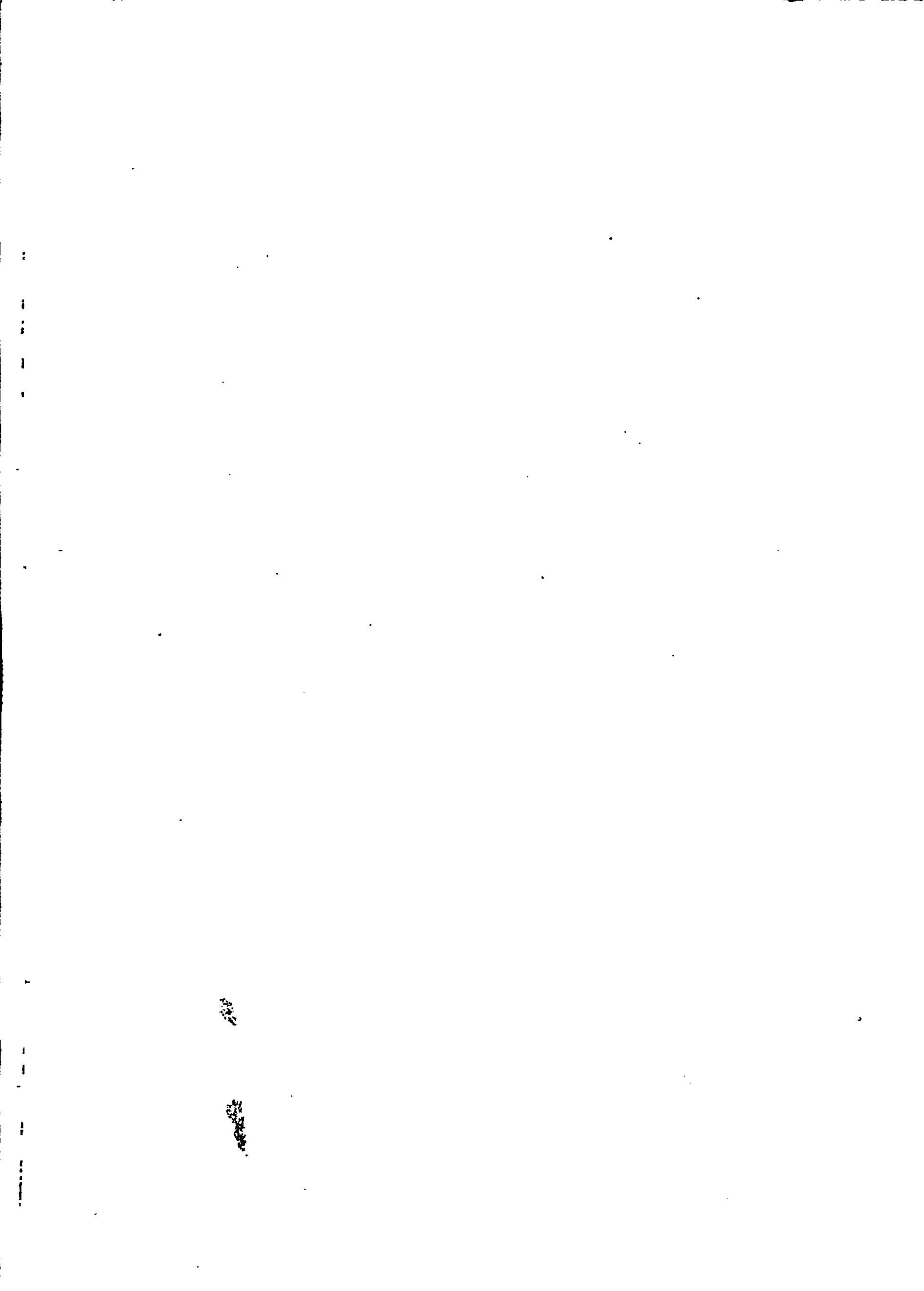
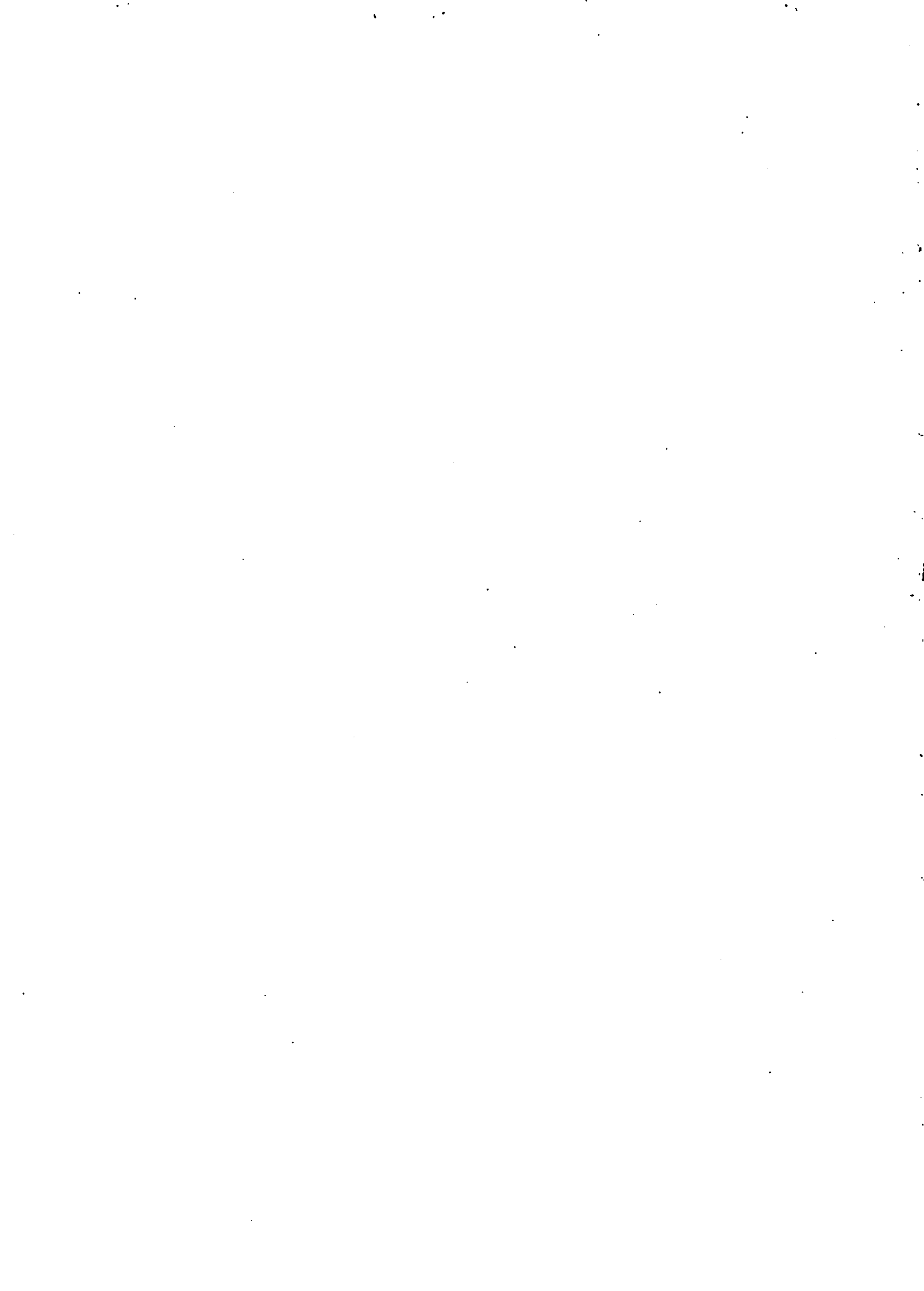
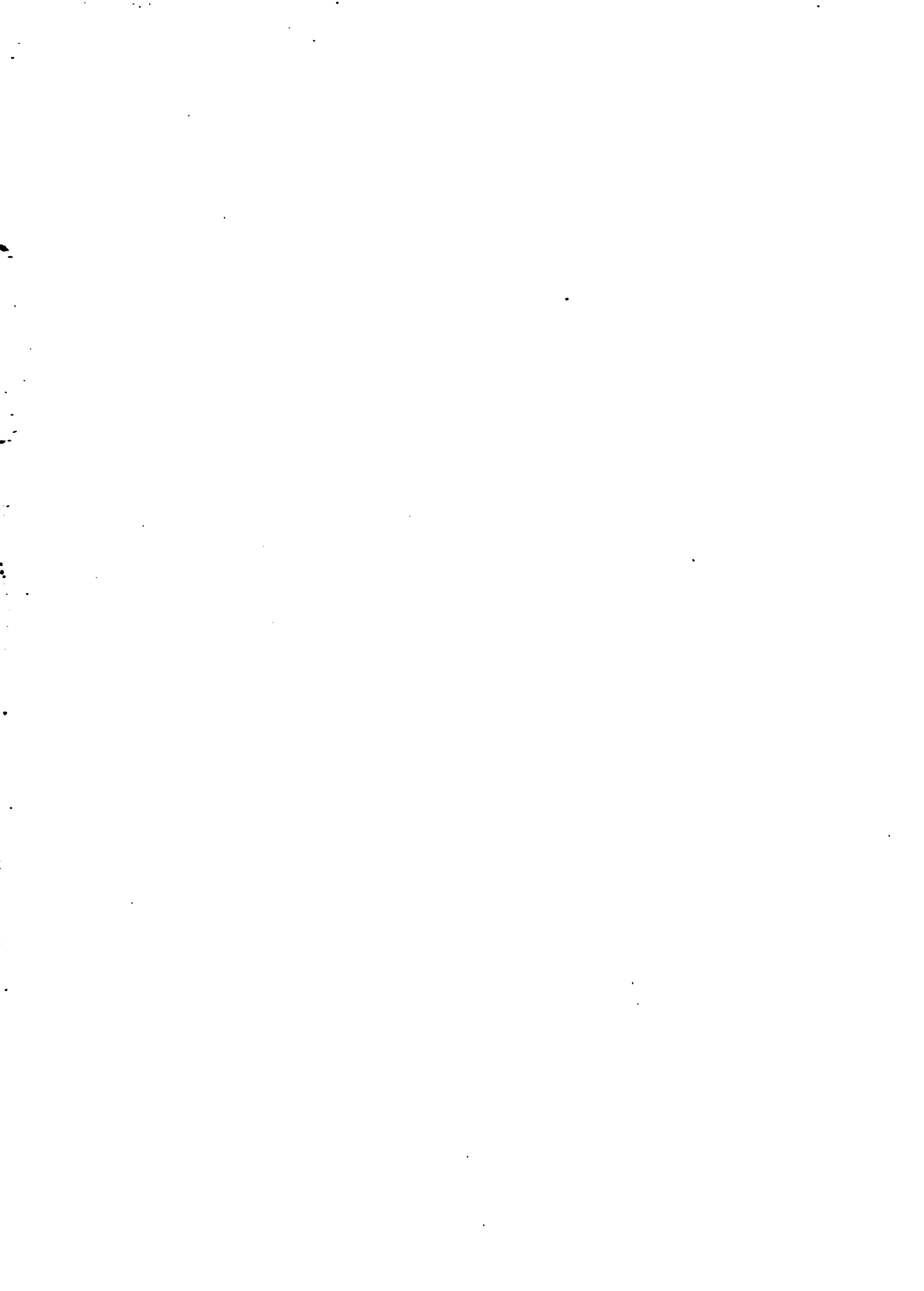










Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XI. Band.

Die elektrischen

Beleuchtungs-Anlagen.

Dritte Auflage.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

Eine Darstellung des ganzen Gebietes

der angewendeten Elektricität nach dem Standpunkte der Gegenwart.

Mit Tausenden von Abbildungen.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Glaser-De Cew. Die dynamo-elektrischen Maschinen. Ihre Geschichte, Grundlagen, Construction und Anwendungen. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 4. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektr. Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. 2. Aufl. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band Elektricität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. W. Gessmann. 2. Auflage. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XL. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweissung und Löthung. Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. Von J. Sack. — XLVI. Band. Elektricität direct aus Kohle. Von Etienne de Fodor. — XLVII. bis L. Band. Angewandte Elektrochemie. In drei Bänden. Von Dr. Franz Peters. I. Band. II. Band. 1., 2. Abthlg. III. Band. — u. s. w. u. s. w.

Pro Band geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Franc = 1 R. 80 Kop.; eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Franc 35 Cts. = 2 R. 40 Kop. pro Band.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die elektrischen

BELEUCHTUNGS-ANLAGEN

mit besonderer Berücksichtigung ihrer

praktischen Ausführung.

Dargestellt von

Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.

Mit 113 Abbildungen.

Dritte Auflage.



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1898.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

VORWORT.

War ursprünglich geplant, der elektrischen Beleuchtung nur einen Band der elektrotechnischen Bibliothek zu widmen, so stellte es sich doch damals bereits heraus, dass es unmöglich ist, in einem so engen Rahmen das schon recht umfangreich gewesene Material zu bewältigen. Es wurde daher schon bei der ersten Bearbeitung die Theilung in zwei Bände erforderlich, von welchen der eine die Theorie des elektrischen Lichtes, die Beschreibung der Lampen und Beleuchtungskörper, sowie die der Erzeugung von Lampenkohlen und Glühlampen, der andere aber die Anwendung des elektrischen Lichtes für die Beleuchtung der verschiedenartigsten Objecte enthielt. Die Beschreibung der Dynamomaschinen hatte bereits der ersterschienene Band der genannten Bibliothek geliefert.

Damals konnte in dem Bande über Beleuchtungsanlagen nur von einer Centralstation für elektrische Beleuchtung (in New-York) und im Uebrigen über eine gewisse Anzahl Einzelanlagen, die in der einen oder anderen Richtung bemerkenswerth waren, berichtet, also der Hauptsache nach kaum mehr als eine

Sammlung von Beschreibungen einzelner Beleuchtungsanlagen geboten werden. Alle diese Anlagen zeigten mehr oder weniger noch den Charakter von Versuchsanlagen, so dass nur Weniges, als allen diesen Anlagen gemeinsam zusammengefasst werden konnte.

Seither hat sich die Anwendung des elektrischen Lichtes bekanntlich gewaltig ausgebreitet und dadurch die Sammlung vielfältiger Erfahrungen ermöglicht. Alle Erfordernisse für die Herstellung und den Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen sind gründlich studirt und praktisch ausprobirt worden.

Diesem Unterschiede zwischen Einst und Jetzt musste durch eine vollständige Um- oder richtiger Neubearbeitung der vorliegenden III. Auflage Rechnung getragen werden. Ferner wurde berücksichtigt, dass seither in jener Sammlung, welcher auch der vorliegende Band angehört, Bände über elektrische Leitungen, über Photometrie, über Messapparate, über sonstige Materialien und Kostenvoranschläge erschienen sind. Es entfielen daher die letztgenannten und in den vorangegangenen Auflagen behandelten Capitel aus der vorliegenden Bearbeitung ganz oder zum grössten Theile, und in der Gesammtbearbeitung wurde die Beschreibung einzelner Beleuchtungsanlagen aufgegeben, dafür aber versucht, ein allgemeines und übersichtliches Bild elektrischer Beleuchtungsanlagen zu entwerfen.

Dr. Alfred Ritter v. Urbanitzky.

INHALT.

Seite

Vorwort V

Inhalt VII

Einleitung 1

I. Die Betriebskraft 3

Dampfmaschinen 4. — Garmotoren 8. — Wasserkräfte 13. — Windmühlen 16.

II. Die Stromerzeuger 17

Maschinengestelle, magnetische Anordnung 17. — Isolirung, Achsenlager 18. — Stromabgeber und Bürsten 19. — Maschinenschaltung 25. — Antrieb der Dynamomaschinen 31.

III. Stromregulirung und Vertheilung 40

1. Regulirung des Stromes 40

Serienschaltung 41. — Rheostate 44. — Automatrheostate (Regulatoren) 49.

2. Directe Stromvertheilung 56

Zweileitersystem 59. — Ströme hoher Spannung 62. — Mehrleitersysteme 65. — Hochvoltige Glühlampen 69.

3. Indirecte Stromvertheiluug 71

Accumulatorenschaltungen 72. — Zellenschalter 74. — Transformatoren 85. — Drehstrom 94.

Seite

IV. Elektrisches Licht und elektrische Lampen . . 95

1. Das elektrische Licht 95
Lichtstärke (Leuchtkraft) 95. — Farbe des Lichtes 98. — Beleuchtung 102.

2. Die Bogenlampen 103
Kohlen 104. — Lichtstärke 104. — Brenndauer 106. — Lichtausstrahlung 113. — Lampenschaltung 116. — Vorschaltwiderstände 117.

3. Die Glühlampen 122
Kohlenformen 124. — Lichtstärken 124. — Lebensdauer 127. — Lichtausstrahlung 132. — Qualität der Lampen 133.

4. Lampen und Beleuchtungskörper 136
Glühlampenfassungen 137. — Glühlampenmontage 142. — Steckcontacte 151. — Lichtabsorption durch Lampengläser 153. — Glocken und Laternen für Bogenlampen 154. — Aufhängevorrichtungen für Bogenlampen 158. — Lampenmaste 161.

5. Lichtbedarf und Lichtvertheilung 165
Lichtbedarf 165. — Aufhängehöhe, Reflexion 167. — Wahl der Lampen 169. — Zahl der Lampen 170.

V. Leitungen 173
Material 173. — Montage 175. — Installationsmaterialien und Methoden 180.

VI. Nebenapparate 193
Mess- und Controlapparate 193. — Aus- und Umschalter 203. — Bleisicherungen 212. — Blitzschutzvorrichtungen 222.

Sach-Register 235

Namen-Register 238

Einleitung.

Die Anlage einer elektrischen Beleuchtung ist ein Unternehmen, welches nur dann zu einem günstigen Resultate führt, wenn dasselbe nach den verschiedensten Richtungen hin auf das sorfältigste durchdacht worden ist. Schon die Wahl des Platzes, an dem die Stromgeneratoren aufgestellt werden sollen, muss mit Rücksicht auf die localen Verhältnisse, auf die Vertheilung der Stromverbrauchsstellen, auf die Ausnützung einer etwa zur Verfügung stehenden Wasserkraft, auf billige Kohlenzufuhr und dergleichen getroffen werden und ebenso werden locale Verhältnisse auf die Wahl der Betriebskraft ausschlaggebend einwirken. Es wird stets zu erwägen sein, ob Gleich- oder Wechselstrombetrieb, und zwar ein- oder mehrphasiger Wechselstrombetrieb, in Anwendung zu kommen hat, ob reiner Maschinenbetrieb oder solcher in Verbindung mit Accumulatoren oder Transformatoren vorzuziehen ist, ob man mit hochgespannten Strömen zu arbeiten hat oder mit geringer Spannung sein Auslangen findet u. s. w.

Ebenso werden Gegenstände der Erwägung bilden müssen die Wahl der Stromleitung, ob dieselbe ober- oder unterirdisch geführt werden soll, die Wahl der Lampen, ob Bogen- oder Glühlampen oder beiderlei zur Verwendung zu kommen haben, wie die Lampen zu vertheilen sind, welche Control- und Sicherheitsvorkehrungen anzuordnen sein werden, u. s. w.

Was für eine Beleuchtungsanlage mustergiltig erscheint, kann für die andere ganz unbrauchbar sein und umgekehrt. Es wird dies nicht überraschen, wenn man z. B. nur gleich an die wesentlich verschiedenen Aufgaben denkt, welche durch grosse Elektricitätswerke, die für ganze Stadttheile oder Ortschaften den Strombedarf decken sollen, zu lösen sind und welche den verschiedenartigsten, grösseren oder kleineren Einzelanlagen zufallen.

Hieraus ergiebt sich wohl von selbst, dass es nicht möglich ist, eine förmliche Regelsammlung für die Ausführung elektrischer Beleuchtungsanlagen aufzustellen und daher wird auch im Nachfolgenden nur eine Skizzirung der wichtigsten hier in Betracht kommenden Verhältnisse nach den vorstehend angedeuteten Richtungen erfolgen können.

I.

Die Betriebskraft.

Die uns gegenwärtig zum Betriebe der Dynamomaschinen zur Verfügung stehenden Motoren sind Dampf-, Wasser-, Gas- und Windmotoren. Ausser den übrigen Anforderungen, welche man an einen Motor auch bei anderweitiger Verwendung stellt, kommt bei Benützung einer zum Betriebe für die elektrische Beleuchtung dienenden Dynamomaschine noch die Forderung hinzu, dass die Bewegung des Motors äusserst regelmässig und von einem empfindlichen Regulator beherrscht sein muss. Von dem Gleichmässigkeitsgrade und der Regulirfähigkeit hängt die Regelmässigkeit und Gleichförmigkeit der Beleuchtung wesentlich ab. Es ist daher nicht immer möglich, die überschüssige Kraft eines schon vorhandenen Motors zum Betriebe einer Dynamomaschine auszunützen und daher unrichtig, wenn man im Vorhinein glaubt, der Betrieb einer Beleuchtungsanlage müsse sich billig gestalten, weil die Betriebskraft nahezu nichts kostet.

Eine Fabriksmaschine, die schwere Arbeitsmaschinen betreibt, bei welchen es mehr auf Kraft als auf Regelmässigkeit der Bewegung ankommt, ist zum Betriebe der Dynamomaschine ganz und gar ungeeignet, denn nicht nur, dass ihre Tourenzahl stark variirt, sie daher schon an und für sich die Dynamomaschine

unregelmässig betreiben würde, macht die Fabriksmaschine überdies noch sehr wenige Umläufe in der Minute, müsste also durch eine sehr bedeutende Uebersetzung der Dynamomaschine die erforderliche Tourenzahl ertheilen, und so würde der unregelmässige Gang des Motors ausserordentlich vergrössert in der Dynamomaschine zur Geltung kommen.

Die Wahl des Motors, welcher die Dynamomaschine treiben soll, muss in jedem einzelnen Falle mit Rücksicht auf die massgebenden Verhältnisse eben dieses Falles getroffen werden. Steht keine verwerthbare Wasserkraft zur Verfügung, so wird man zwischen Dampf- und Gasmotoren zu wählen haben, von denen dann wieder die **Dampfmaschinen** (wenigstens gegenwärtig) in erster Linie ins Auge zu fassen sind.

Bezüglich der Eignung verschiedener Arten von Dampfmaschinen für den Betrieb von Dynamomaschinen möge nachstehend unter Benützung einer einschlägigen Arbeit von C. Zehme Folgendes bemerkt werden.

Bei elektrischen Betrieben können sowohl Einfach- als Mehrfach-Expansionsmaschinen Verwendung finden. Ob Maschinen der einen oder der anderen Art aufzustellen sind, entscheidet eine Berechnung, welche auf Grundlage der Maschinenkessel- und Kohlenpreise, der Kosten des Grundes und der Bauten auf der Betriebsstelle durchgeführt wird, wobei die Zahl und Grösse der Maschinen, die Betriebsart und Dauer, sowie auch die Wasserverhältnisse zu berücksichtigen sind. Es lassen sich somit auch diesbezüglich keine für alle Fälle giltigen Regeln aufstellen. Im Allgemeinen wird es sich aber wohl empfehlen, bei einem Kraftbedarf von mehr als 100 P. S. Mehrfach-Expansionsmaschinen zu wählen.

Die Eincylindermaschinen, die mit 6 Atmosphären Dampfspannung arbeiten, zeichnen sich durch Einfachheit und daher Billigkeit und durch grosse Zugänglichkeit aus; sie übertreffen die Mehrfachexpansions-

maschinen hinsichtlich der Manövrir- und Regulirfähigkeit. Mit der Dynamomaschine werden sie gewöhnlich durch directen Riemenantrieb verbunden. Von der liegenden Anordnung der Eincylindermaschine geht man nur bei Raummangel ab, wie z. B. bei Schiffsbeleuchtung, wo dann die stehende Anordnung an Stelle der ersteren tritt. Bei schnelllaufenden Maschinen kann anstatt des Riemenantriebes auch directe Kuppelung Anwendung finden. Die Verbindung zweier gleichwerthiger Eincylindermaschinen zu einer Zwillingsmaschine bietet in der Regel nur scheinbare Vortheile und bringt stets den Nachtheil der geringen Wirthschaftlichkeit mit sich. Solche scheinbare Vortheile sind der gleichförmige Gang und das Anlaufen aus jeder Ruhelage; doch lassen sich diese Vortheile auch bei Eincylinder- und bei Compoundmaschinen erreichen, und zwar der gleichförmige Gang durch richtige Bemessung des Schwungrades, der Tourenzahl und der Füllungen und das Anlaufen durch ein einfaches Schaltwerk. In der Regulirfähigkeit ist jedoch die Zwillingsmaschine der Eincylindermaschine überlegen, da auf jeder Seite der Maschine eine vom Regulator beherrschte Steuerung vorhanden ist. Da man eine Eincylindermaschine von z. B. 100 P. S. in zwei solche von je 50 P. S. zerlegen muss, um eine Zwillingsmaschine von 100 P. S. zu erhalten, so sinkt auch die Wirthschaftlichkeit der letzteren auf jene einer 50pferdigen Maschine, da dann Nutzeffect und Dampfverbrauch einer solchen entsprechen. Doch können immerhin auch Fälle eintreten, in welchen die Aufstellung einer Zwillingsmaschine räthlich erscheint. So muss die Maschine z. B. in Festungen sich dem vorhandenen Raume anpassen, was mit einer Zweicylindermaschine leichter zu erreichen ist als mit zwei Eincylindermaschinen, da erstere bedeutend weniger Raum beansprucht als letztere. Ferner bietet die Zweicylindermaschine insoferne auch eine Reserve, als bei Be-

schädigung der einen Maschinenhälfte die andere von jener losgekuppelt selbständig weiter arbeiten kann.

Die sogenannten Schnellläufer (Brootherhood, Westinghouse, Abraham u. s. w.) sind Einfach-Expansionsmaschinen, welche ähnlich der Gasmaschine mit einseitigem Kolbendruck arbeiten. Hier ist jeder Druckwechsel beziehungsweise Stoss vermieden und daher bedürfen diese Maschinen in der Regel keiner besonderen Fundirung. Sie erfordern nur einen geringen Raum, haben ein geringes Gewicht bei niedrigem Preise und ermöglichen eine hohe Tourenzahl. Da aber ihr Dampfverbrauch ein abnorm hoher ist, so finden sie nur selten Verwendung.

Bei den Compound- oder Zweifach-Expansionsmaschinen, bei welchen die Dampfspannung 7 bis 8 Atmosphären beträgt, arbeitet der Dampf mit zweimaliger Expansion. Diese Maschinen zeichnen sich durch Gleichförmigkeit des Ganges aus und bedürfen bei directer Kuppelung mit der Dynamomaschine nur eines kleinen oder wohl auch gar keines Schwungrades. Ihre Regulirfähigkeit ist jedoch geringer als die der Eincylinder- beziehungsweise Einfachexpansionsmaschinen, was aber nur für die directe Stromlieferung und nicht für den Accumulatorenbetrieb von Belang ist. Die Nachtheile dieser Machinen bestehen in der ungleichmässigen Arbeitsvertheilung an den beiden Kurbeln auf der Nieder- und Hochdruckseite und in der geringen Steigerungsfähigkeit der Belastung.

Eine Maschinenanordnung mit einseitig frei bleibender Welle bildet die Tandemmaschine, bei welcher die beiden Cylinder in einer Achse hinter einander liegen und beide Kolben auf eine gemeinsame Kurbel wirken. Sie besitzt dieselbe Dampfökonomie wie die gewöhnliche Compoundmaschine, ergiebt aber eine bedeutend grössere Kolbengeschwindigkeit beziehungsweise Tourenzahl, und eignet sich daher von den liegenden Compoundmaschinen am besten zur directen

Kuppelung mit der Dynamomaschine. Ihr Gleichförmigkeitsgrad ist zwar etwas geringer, doch kann derselbe durch ein entsprechendes Schwungrad gleiche Höhe erhalten.

Für grosse Centralen sind die stehenden Maschinen bevorzugt. Bei ihnen fällt die Richtung der Massendrucke in den Schwerpunkt des Fundamentes. Hält man dieses von den Grundmauern vollkommen getrennt, so können die Maschinen in unmittelbarer Nähe von bewohnten Gebäuden Aufstellung finden; auch sind die Fundamente einfach und daher billig herzustellen. Da die in den Cylindern frei schwebenden Kolben keinen seitlichen Druck auf die Cylinderwände ausüben, so erfolgt auch eine gleichmässige und sehr geringe Abnützung der Cylinder, Stopfbüchsen und Kolbenstangen, und treten nur geringe Dampfverluste ein. Ferner sind die stehenden Maschinen übersichtlich, besitzen freie Zugänglichkeit und beanspruchen einen geringen Raum. Sie werden gewöhnlich direct mit der Dynamomaschine gekuppelt, seltener wird Riemen- oder Seilbetrieb benützt. Bei stehenden Compoundmaschinen von 80—600 P. S. sind Tourenzahlen von 200—100 üblich.

Die Vortheile, welche man mit der Compoundmaschine gegenüber der Eincylindermaschine erzielt hatte, veranlassten zu einer weiteren Steigerung der Dampfspannung auf 12—14 Atmosphären, um hierdurch eine weitere Verminderung des Dampfverbrauches zu erreichen; auf diese Weise gelangte man zum Baue der Dreifach-Expansionsmaschinen. Man erreicht mit diesen die Ausnützung der gesteigerten Spannung bei einem geringen Mehrverbrauche an Kohlen. Dieser besseren Kohlenverwerthung stehen die höheren Anlagekosten, namentlich in Bezug auf Maschine und Rohrleitungen gegenüber. Die Mehrkosten für stärkeres Kesselblech und stärkere Ausführung werden durch die kleinere Heizfläche ziemlich ausgeglichen.

Uebrigens sind die Kosten für die Maschine und die Fundamente nur wenig höher als jene für eine gleichwerthige Compoundmaschine, und daher wird es meistens vortheilhafter sein, eine Dreifach-Expansionsmaschine zu benützen. Ihr Gleichförmigkeitsgrad ist höher als jener der Compoundmaschine, weil die Cylinderarbeit gleichmässiger auf die Welle vertheilt wird. Hingegen besitzt sie eine geringere Regulirungsfähigkeit, da der Dampf durch drei Cylinder strömt, von welchen nur der erste unter der unmittelbaren Einwirkung des Regulators steht. Die Dreifach-Expansionsmaschine wird gewöhnlich in stehender Anordnung gebaut, wobei jeder der drei neben einander angeordneten Cylinder auf eine besondere Kurbel wirkt; diese Kurbeln sind um 120 Grade gegen einander verstellt. Da diese Maschine auch sonst in Bezug auf Wartung, Instandhaltung, Schmierung u. s. w. vollkommen entspricht, ist sie für grosse Elektricitätswerke als der geeignetste Dampfmotor zu bezeichnen.

Schliesslich wären auch noch die stationären Locomobilen zu erwähnen, welche zuweilen, und zwar deshalb zur Anwendung gelangen, weil man mit Rücksicht auf den Raum oder anderweitige Umstände die Erbauung eines Kesselhauses mit gemauertem Kamin vermeiden will. Die stationären Locomobilen besitzen einen Röhrenkessel, auf welchem die Dampfmaschine montirt ist, die gewöhnlich mit zweifacher Expansion und Condensation ausgerüstet ist und daher ebenso wirthschaftlich arbeitet, wie eine stationäre Dampfmaschine. Für eine derartige Locomobile genügt ein Blechschornstein.

Nebst den Dampfmaschinen sind die **Gasmotoren** berufen, beim Betriebe von Dynamomaschinen eine hervorragende Rolle zu spielen. Wenn dies bisher noch nicht in so ausgedehntem Masse der Fall ist, so liegt dies hauptsächlich daran, dass man erst in jüngster Zeit dazu gelangt ist, grosse Gasmotoren zu

bauen, und dass die Gasmotoren bei voller Belastung am günstigsten arbeiten. Bei den Verhältnissen, welche gegenwärtig in den meisten Elektricitätswerken herrschen, ist es aber bei reinem Maschinenbetriebe schwer oder gar nicht zu ermöglichen, dass die Motoren immer bei voller Belastung arbeiten. Nachdem jedoch gegenwärtig die Accumulatoren bereits hinreichend vervollkommt sind, um sie praktisch verwerthen zu können, so kann man in den meisten Fällen durch Combinirung des Maschinen- mit dem Accumulatorenbetriebe dahin gelangen, die ersteren immer mit voller Belastung laufen zu lassen.

Nun hat schon W. v. Siemens darauf hingewiesen, dass es vortheilhafter ist, das Gas im Motor zu verbrennen, mit diesem eine Dynamomaschine zu betreiben und elektrisches Licht zu erzeugen, als das Gas direct im Brenner zur Lichterzeugung zu verwenden. Bei Anwendung von Bogenlampen verhält sich die auf dem ersteren Wege erhaltene Lichtstärke zu jener bei directer Verwendung des Leuchtgases im Brenner wie 20 : 1. Diese für den ersten Augenblick überraschende Thatsache findet darin ihre einfache Erklärung, dass die Verbrennung des Leuchtgases ein für die Lichterzeugung sehr ungünstiger Process ist. Durch den Verbrennungsprocess wird nämlich die chemische Spannkraft zum weitaus grössten Theile in Wärme umgesetzt, während ein äusserst geringer Bruchtheil der chemischen Spannkraft sich in Licht umsetzt.

Nach Angaben, welche Ingenieur Dicke gemacht hat, beträgt bei verschiedenen Beleuchtungsarten die Wärmeabgabe

für Leuchtgas (5300 Kalorien)

	Kalorien pro N K.
im Zweiloch- u. Schnittbrenner à 16 Kerzen und 150 l Verbrauch	50

	Kalorien pro N K.
im Argandbrenner à 30 Kerzen und 250 l Verbrauch	44
im Siemens-Regenerativbrenner à 35 Kerzen und 230 l Verbrauch	23
im Auerlicht à 50 Kerzen und 100 l Verbrauch	10·6

für Wassergas (2620 Kalorien)

im Magnesiakamm à 35 Kerzen und 180 l Verbrauch	13·2
im Auerlicht à 60 Kerzen u. 230 l Verbrauch	10·2
» » à 140 » u. 360 l » .	6·7

für elektrisches Glühlicht

nach Renk bei 16 Kerzen . . . . circa	3

Da hingegen im Gasmotor eben die in so grosser Menge erzeugte Wärme Arbeit leistet, so ist es rationeller, durch Verbrennen des Gases im Motor mechanische Kraft, durch diese Elektricität und erst mit der letzteren Licht zu erzeugen, als das Gas im Brenner direct zur Lichterzeugung zu verwenden, und zwar trotz der bei der mehrfachen Umwandlung der Energie unvermeidlichen Energieverluste. Verbrennt man 1 cm^3 Gas einmal in einem Gasbrenner, und ein andermal in einem Motor, der in der angegebenen Weise zur Erzeugung von elektrischem Lichte benützt wird, so erhält man nach Bourguin:

in einem Gasbrenner von 16 Kerzen 91 Kerzenstunden im Maximum;

in einer Glühlampe von 16 Kerzen 162 Kerzenstunden im Minimum;

in einer Wenhamlampe von 16 Kerzen 200 Kerzenstunden im Maximum;

in einer Bogenlampe von 16 Kerzen 654 Kerzenstunden im Minimum.

Nach Uppenborn verbrauchen Gasmotoren 0·75—1 cm^3 Gas pro Pferdestärkenstunde, was also bei einem Gaspreise von 12 Pfennig für die Pferdestunde 9—12 Pfennig ausmacht. Bei wechselnder und namentlich bei geringer Belastung stellen sich die Kosten natürlich höher. Zum Betriebe der Motoren kann jedoch auch das viel billigere Dowson- oder Wassergas Verwendung finden. Jedoch darf hierbei nicht ausser Acht gelassen werden, dass dasselbe einen im Vergleiche zum Leuchtgase viel geringeren Heizwerth besitzt; dieser beträgt nämlich für das Dowsongas 1313 Kalorien pro Cubikmeter, während z. B. jener des Münchener Leuchtgases zu 4500 Kalorien pro Cubikmeter bestimmt wurde. Das Dowsongas ist ein Gemenge von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff und enthält nur 43 Procent brennbare Gase, was zur Folge hat, dass man erheblich grössere Motoren und Röhrenleitungen braucht.

Bei voller Ausnützung eines Gasmotors von 60 effectiven Pferdestärken betrug der Aufwand von Brennmaterial pro Stundenpferd beiläufig 0·7 kg, bei einer Ausnützung von zwei Drittel der Kraft etwa 1 kg. Die Kosten des Brennmaterials machen also pro Stundenpferd etwa 2·5—3 Pfennige aus. Dampfmaschinen von gleicher Grösse lassen ein derartig günstiges Resultat niemals erzielen.

Dowson macht auch darauf aufmerksam, dass die Verluste, welche aus der wechselnden Belastung der Motoren erwachsen, für Gasmotoren geringer ausfallen als für Dampfmaschinen. Werden nämlich erstere abgestellt, so wird gleichzeitig auch der Verbrauch an Brennmaterial eingestellt, und um sie wieder in Gang zu setzen, bedarf es keines Aufwandes, um sie unter Druck zu bringen. Bei dem Umstande, dass elektrische Centralen stets bereit sein müssen, mit ihrer vollen Leistungsfähigkeit (mit Ausnahme der Reserve) in den Betrieb eintreten zu können, beträgt

der mittlere Verbrauch an Brennmaterial bei gleichzeitiger Anwendung von Accumulatoren 2·7 kg pro Kilowattstunde und ohne die letzteren 4—6 kg. In jedem Falle verbrennt man bei den Dampfmaschinen viel mehr Brennmaterial, welches keinerlei Nutzarbeit leistet.

Auch muss darauf hingewiesen werden, dass die Gasmotoren ihrer viel einfacheren Bedienung wegen keines geprüften Heizers bedürfen wie die Dampfmaschinen und keine besondere Anlage zur Erzeugung der motorischen Kraft erfordern, während die Dampfmaschinen eine eigene Dampfkesselanlage verlangen. Letztere ist an bestimmte gesetzliche Anforderungen geknüpft, deren Erfüllung nicht selten durch die Localität unmöglich gemacht wird oder doch zu einem grossen Kostenaufwande führen würde.

Nachtheile des Gasmotorenbetriebes sind die Nothwendigkeit, den Motor andrehen oder für das Andrehen eventuell durch Aufstellen eines hierzu bestimmten kleinen Motors vorsorgen zu müssen, sowie auch der Umstand, dass vermöge des geringen Gleichförmigkeitsgrades der Gasmotoren die Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen, die durch erstere betrieben werden, wenigstens gegenwärtig noch technisch undurchführbar ist.

Der Gasmotorenbetrieb ist sonach hauptsächlich für kleine Centralen, welche mit wenigen Hundert Pferdestärken und darunter arbeiten, zu empfehlen und steht daselbst auch thatsächlich schon vielfach in Verwendung. Als Beispiele*) können angeführt werden die Werke in Bochum 58 (Kilowatt), Dessau (120 Kilowatt), Hagen (53 Kilowatt), Pforzheim (90 Kilowatt), Meissen, Radolfszell (40 Kilowatt), Schwabing (43 Kilowatt) und Wesselburen (33 Kilowatt), wobei die in Klammer beigefügten Zahlen nur die Leistung der Gasmotoren,

*) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1896, Seite 741.

nicht die gesammte Maschinenleistung der Werke angeben. Die drei letztgenannten Werke arbeiten mit Dowson- oder Generatorgas, welches in den Centralen selbst bereitet wird.

Von hoher Bedeutung ist die Verwerthung der **Wasserkräfte.** Durch Anlage von Thalsperren und Sammelteichen wird das Land nicht nur vor Ueberschwemmungen geschützt, sondern werden der Landwirthschaft und Industrie bedeutende Betriebskräfte gesichert. Der Betrieb der Dynamomaschinen durch Wasserkraft ist, soweit es die Betriebskosten betrifft, der billigste und dies ist eben in vielen Fällen die Ursache, aus welcher die elektrische Beleuchtung an vielen Orten, wo solche Wasserkräfte zur Verfügung stehen, eingeführt worden ist. Es darf aber nicht übersehen werden, dass der Betrieb durch Wasserkraft nicht unbedingt der billigste ist, denn es kann die Nutzbarmachung einer Wasserkraft anderseits auch so bedeutende Summen für die Einlösung des Grundes und verschiedener Rechte, oder so bedeutende Kosten für die herzustellenden Bauten erfordern, dass die hierfür zu bemessende Verzinsung und Amortisirung sich zu hoch stellt, um die Ausbeutung dieser Wasserkraft noch wirthschaftlich erscheinen zu lassen. Auch muss darauf Rücksicht genommen werden, ob im Winter bei anhaltendem Froste oder im Sommer bei anhaltender Dürre die Wasserkraft nicht gar zu gering wird oder etwa ganz versagt.

Zur Nutzbarmachung der Wasserkraft bedient man sich der Wasserräder und der Turbinen; letztere sind eigentlich gleichfalls Wasserräder und unterscheiden sich von diesen nur durch die Anordnung. Auf beiderlei Maschinen wirkt das Wasser durch seine lebendige Kraft und durch sein Gewicht.

Die eigentlichen Wasserräder haben immer horizontale Achsen, die Turbinen in der Regel verticale Achsen. Zum Betriebe von Dynamomaschinen wird

man gewöhnlich den Turbinen den Vorzug geben. Zwar können gut construirte Wasserräder einen eben so hohen Wirkungsgrad erreichen wie Turbinen, besitzen aber bei langer Betriebsdauer keinen so anhaltend regelmässigen Gang. Die Wasserräder erfordern wegen ihres verhältnissmässig langsamen Ganges eine ziemlich complicirte Uebersetzung, um den Dynamomaschinen die erforderliche Tourenzahl zu ertheilen, sind deshalb durch ihre Construction selbst häufigen Reparaturen ausgesetzt. Eine gut ausgeführte Anlage mit Wasserrädern kommt auch nicht billiger zu stehen als eine Turbinenanlage. Geringes Gefälle des zur Verfügung stehenden Wassers ist nur dann ein Hinderniss für die Aufstellung von Turbinen, wenn das Gefälle unter 1·25 m sinkt. Die Erfahrung hat gelehrt, dass auch das Eis nur selten Betriebsstörungen veranlasst, da das Grundeis in der Regel nur wenige Tage geht. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass eine ausgedehnte Ausnützung der Wasserkräfte, namentlich unter Vermittlung elektrischer Maschinen, ganz unschätzbaren Gewinn erzielen lässt; allerdings setzt dies eine vernünftige und wohlgeregelte Wasserwirthschaft voraus.

Die Ausnützung der Wasserkraft kann je nach der Form, in welcher diese zur Verfügung steht, auch in verschiedener Weise erfolgen. Im Innern der Continente sind es die strömenden Gewässer, an den Meeresküsten können unter Umständen auch die Bewegungen des Meeres zu diesem Zwecke herangezogen werden. Diese Bewegungen des Meeres sind einerseits die Gezeiten und anderseits die Wellen. Namentlich die ersteren werden schon seit geraumer Zeit ausgenützt, so z. B. in den sogenannten Fluthmühlen an der vielfach zerrissenen Küste der Bretagne. Wichtiger als diese Ausbeutung von Wasserkräften ist jedoch jene, welche Wasserläufe überhaupt oder speciell Wasserfälle zulassen. Die Art ihrer Ausbeutung ist auf

Grund der in jedem speciellen Falle zu berücksichtigenden Umstände zu wählen. Stets wird man hierbei die Ergiebigkeit und die Veränderungen der Ergiebigkeit im Laufe des Jahres in erster Linie in Rechnung zu ziehen haben. Ist die Wasserkraft eine reichliche, so dass sie den Kraftbedarf nicht nur unter allen Umständen deckt, sondern überhaupt nur zum Theile ausgenützt wird, so kann die Ausnützung durch reinen Maschinenbetrieb erfolgen. Hierbei werden Wasserkraft und Maschinenanlage nur so viele Stunden pro Tag ausgenützt, als für die elektrische Beleuchtung erforderlich sind. Eine bessere Verwerthung der Gesammtanlage wird dann erreicht, wenn man in der Lage ist, die Anlage während der hellen Tagesstunden zur Lieferung mechanischer Kraft verwenden zu können. Die Maschinenanlage kann aber auch mit der Aufstellung von Accumulatoren combinirt werden, wodurch es ermöglicht wird, die Maschinenanlage bei gleichförmiger Belastung viel vollkommener auszunützen.

Da man bei reinem Maschinenbetriebe nur das Minimum der Ergiebigkeit der Wasserkraft in Rechnung stellen darf und dieses ausreichen muss, um das Maximum des Bedarfes an elektrischer Energie zu leisten, wobei ausserdem auch noch auf Ausnahmsfälle, wie z. B. ungewöhnlich lange dauernde, grosse Dürre, keine Rücksicht genommen ist, so wird es sehr häufig vorkommen, dass die vorhandene Wasserkraft für directe Ausnützung durch reinen Maschinenbetrieb unzulänglich ist. Doch auch die Verbindung der Maschinenanlage mit Accumulatoren führt nicht immer zum erwünschten Ziele, da diese eben nur im Stande sind, chemische Energie für Stunden oder Tage zur Umsetzung in elektrische Energie bereit zu halten, nicht aber für eine Reihe von Wochen oder Monaten. Eine solche Aufspeicherung der Energie auf lange Zeit wird aber erforderlich, wenn die zur Verfügung stehende Wasserkraft an und für sich nicht sehr bedeutend ist

und überdies zu bestimmten Jahreszeiten auf ein sehr tiefes Minimum der Ergiebigkeit fällt. Ein derartiges Verhalten findet sich sehr häufig bei Wasserläufen im Gebirge. Man braucht aber unter solchen Umständen auf die Ausnützung solcher Wasserläufe keineswegs im Vorhinein zu verzichten, denn man hat in der Anlegung zweckmässiger Thalsperren ein Mittel zur directen Aufspeicherung der Wasserkraft selbst und kann sich hierdurch eine das ganze Jahr über zur Verfügung stehende und ausreichende Kraft sichern.

Auch mag noch der in jüngster Zeit versuchten Art des hydraulischen Betriebes gedacht werden, nämlich des Betriebes der Dynamomaschinen durch Hochdruckturbinen, welche eine horizontale Welle besitzen, direct mit der Dynamomaschine gekuppelt sind und durch Wasser mit 50 Atmosphären und mit noch höherem Drucke betrieben werden.

Bereits im Jahre 1881 hat W. Thomson in einem Vortrage über die Windmühlen als Primärmotoren auf deren Benützung zur Erzeugung elektrischer Ströme, welche unter Vermittlung von Accumulatoren für die elektrische Beleuchtung Verwendung finden könnten, hingewiesen. Seither sind auch mehrfach Versuche in kleinerem und grösserem Massstabe ausgeführt worden, die ein mehr oder minder günstiges Resultat ergeben haben; ein praktisch verwerthbares Resultat ist aber in dieser Richtung bisher noch nicht erzielt worden.

II.

Die Stromerzeuger.

Für elektrische Beleuchtungsanlagen kommen als Stromgeneratoren praktisch wohl nur Dynamomaschinen in Betracht. Man hat allerdings hin und wieder die Anwendung von Primärbatterien versucht, doch hat ihre diesbezügliche Verwendung keinerlei praktische Bedeutung zu erlangen vermocht.

Für die Maschinengestelle, mit welchen gewöhnlich die Magnete oder doch die einen Hälften der Magnete in Einem gegossen werden, verwenden jetzt viele Fabrikanten an Stelle des früher benützten Gusseisens den weichen Stahlguss, da dessen grössere Festigkeit und günstigere magnetische Eignung leichtere Constructionen ermöglichen, die ihrerseits wieder bequemere Montage und billigere Fracht im Gefolge haben. Bei Maschinen, welche Trommel- oder Ringanker besitzen, werden die Trommeln oder Ringe schon seit längerer Zeit aus Blechringen, die man aus gutem weichem Holzkohleneisen erzeugt, und durch zwischengelegtes Papier magnetisch von einander trennt, zusammengesetzt.

Die magnetische Anordnnng hat namentlich folgenden Forderungen zu entsprechen: Die Magnetpole sind so anzubringen, dass möglichst wenige Kraftlinien von Pol zu Pol gelangen, ohne die Drähte, welche für die Induction bestimmt sind, zu schneiden. Der Eisenkern des Ankers muss den Polschuhen der

Magnete möglichst nahe kommen. Die zu inducirenden Drähte müssen so geführt werden, dass ein möglichst grosser Theil derselben zum Durchschnitte mit den Kraftlinien kommt, da die übrigen Drähte nicht nur nutzlos sind, sondern auch noch den todten Widerstand vermehren.

Grosse Sorgfalt ist auf die Isolirung in allen Theilen der Maschine zu verwenden; die Isolirung soll so stark sein, dass sie das $1^1/_2$fache der Spannung aushalten kann, welche entsteht, wenn eine oder die andere Klemme an Erde gelegt wird. (Uppenborn.)

In mechanischer Beziehung sind namentlich Bau und Anordnung jener Theile wichtig, welche der Abnützung durch den Gebrauch am meisten unterliegen. Zu diesen gehören die Achsenlager, der Stromabgeber und auch der rotirende Theil (Anker oder Elektromagnete).

Fig. 1.

R s S G

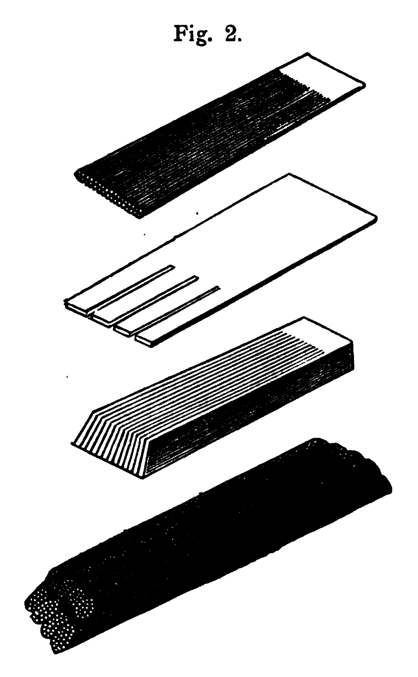
Die Achsenlager sollen breit, solid befestigt, leicht zugänglich und mit ausreichenden Schmiervorrichtungen versehen sein. Als solche wird gegenwärtig sehr häufig die Ringschmierung benützt, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass sie wenig Oel erfordert und einer äusserst geringen Wartung bedarf. Die Einrichtung derselben ist überdies, wie aus der schematischen Zeichnung Fig. 1 ersehen werden kann, eine sehr einfache. Die Lagerschalen sind hierbei durchbrochen und zwar einmal bei kleineren, öfter bei längeren Lagern und in diese Schlitze sind Metallringe *R* eingehängt, welche lose auf der Welle hängen und unten in ein Oelgefäss tauchen. Durch den beim Rotiren der Welle mitgenommenen Ring erhält erstere reichlich Oel zugeführt. Da das Oel im Gefässe nur von Zeit zu Zeit abzulassen und durch frisches zu ersetzen ist, so können mit Ringschmierung versehene Maschinen Tage lang ohne Aufsicht laufen.

Stromabgeber können je nach der zu lösenden Aufgabe dreierlei unterschieden werden, nämlich Stromabgeber für Wechselstrommaschinen, für Gleichstrommaschinen mit offener und für solche mit geschlossener Ankerwicklung.

Bildet der Anker den umlaufenden Theil einer Wechselstrommaschine, so bedarf diese für die Stromabgabe zweier Gleitringe, die wohl isolirt auf der Maschinenwelle befestigt sein müssen, und zweier oder mehrerer darauf schleifender Gleitstücke; es können dies sogenannte Bürsten oder Pinsel oder auch anders geformte Gleitstücke, z. B. Schleifringe, wie bei der Maschine von Ferranti sein. Ist der Feldmagnet der umlaufende Theil, so ist eine ähnliche Vorrichtung nothwendig, um den magnetisirenden Strom zuzuführen. In beiden Fällen kommt der Vorrichtung die Aufgabe zu, den Strom unverändert aus der Maschine abzuleiten, beziehungsweise ihn der Maschine zuzuführen. Da bei den Gleichstrommaschinen mit offener Ankerwicklung zunächst Wechselströme erzeugt werden, so muss mit der Stromabnahme auch die Stromwendung verbunden werden; ein solcher Stromabnehmer kann daher auch als Stromwender oder Commutator bezeichnet werden. Solche kommen vor bei den Maschinen von Brush und von Thomson-Houston. Bei den Gleichstrommaschinen mit geschlossener Ankerwicklung fällt dem Stromabgeber die Aufgabe zu, die Ströme zu sammeln und abzuleiten — eine förmliche Stromwendung kommt hier nicht vor. Der Stromabgeber ist daher ein Stromsammler oder Collector und besteht nach Pacinotti-Gramme'schem Muster aus einer bestimmten Anzahl gerader, von einander isolirter Metallstäbe, welche zu einem Cylinder vereinigt auf der Maschine festgekeilt sind, und den darüber schleifenden Bürsten. Letztere kommen in verschiedenen Formen zur Anwendung, Fig, 2; häufig verfertigt man sie aus einer doppelten Lage paralleler Kupferdrähte, welche an

einem Ende miteinander verlöthet sind; aus Kupferblechen, die man an jenem Ende, welches auf dem Stromabgeber schleifen soll, mehrfach schlitzt; Edison benützt ein einseitig verlöthetes Bündel von schmalen Kupferblechstreifen und lässt dieses mit den

Fig. 2.



Kanten der Streifen schleifen; gut bewährt haben sich auch Bürsten, welche auf verschiedene Art aus Drahtnetz hergestellt werden, und endlich kommen nach einem Vorschlage von Forbes auch Bürsten aus Kohle zur Anwendung. Die Bürsten jeder Form müssen durch einen Bürstenhalter in gutem und sicherem Contacte mit dem Stromabgeber gehalten werden; die Bürstenhalter müssen dabei aber so construirt und an-

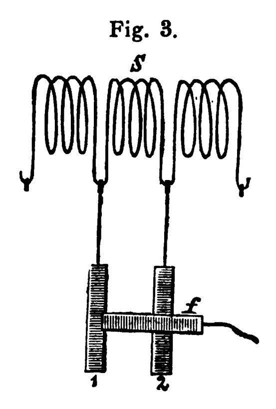
geordnet sein, dass sie das Einstellen der Bürsten auf einen bestimmten Winkel, das Abheben und das Verschieben derselben ermöglichen; auch müssen sie mit der grössten Sorgfalt von den übrigen Theilen der Maschine isolirt sein. In der Regel verwendet man mindestens zwei Bürsten nebeneinander statt einer breiten Bürste, um auch während des Betriebes eine Reinigung oder Auswechslung der Bürsten ohne Störung vornehmen zu können.

Als Material für die Stäbe des Stromabgebers werden hartgezogenes Kupfer, Bronzen verschiedener Zusammensetzung und Eisen verwendet. Die Stäbe müssen in radialer Richtung eine gewisse Stärke haben, um das zeitweise nothwendig werdende Abdrehen zu ermöglichen. Sie müssen gut befestigt und sorgfältig von einander und von den übrigen Theilen der Maschine isolirt sein; selbstverständlich muss auch ihre Verbindung mit den Enden der Inductionsspulen eine entsprechende sein. Die Isolirung bewerkstelligt man durch Vulcanfiber, Presscarton oder Luft; Asbest ist nicht zu empfehlen; Glimmer wird von einer Seite angerathen, von anderer Seite verworfen. Für die Breite sowie auch für die Zahl der Stäbe lässt sich keine allgemein giltige Regel aufstellen. Die Zahl ist abhängig von der Wicklungsart der Maschine und der Zahl der Spulen. Durch Vermehrung der Stäbe werden die Funkenbildung und die Stromschwankungen vermindert, doch werden durch eine zu weit getriebene Vermehrung die Kosten erhöht und die Stäbe so dünn, dass die Bürste gleichzeitig mehr als zwei Stäbe berührt.

Was nun die Funkenbildung selbst anbelangt, so wird dieselbe (abgesehen von fehlerhaften Constructionen) dadurch verursacht, dass jede Spule beim Passiren der neutralen Linie die Stromrichtung wechselt und dadurch Veranlassung zu Selbstinductionen gibt; die hierbei auftretenden elektromotorischen Kräfte sind dann

hoch genug, um das Ueberspringen von Funken zwischen den Collectorstäben und den Bürsten zu bewirken. Ist z. B. Fig. 3. die Spule *S* gerade in der neutralen Linie angelangt und die Bürste *f* auf dieselbe eingestellt, so erscheint die Spule *S* für diesen Moment für die Collectorstäbe 1 und 2 und die Bürste *f* kurz geschlossen; sie ist in diesem Augenblicke, weil in der neutralen Linie befindlich, stromlos. In den links von *S* befindlichen Spulen fliesst der Strom in der einen, z. B. in der Richtung der Uhrzeigerbewegung in den rechts befindlichen Spulen in der Richtung gegen die Uhrzeigerbewegung. Unmittelbar vor dem betrachteten Augenblick war die Spule *S* an Stelle der links von ihr gezeichneten und wurde daher von einem Strom in der Richtung der Uhrzeigerbewegung durchflossen, und unmittelbar nach dem betrachteten Momente gelangt sie in die Stellung der rechts von ihr dargestellten Spule, wo sie bereits ein Strom in der entgegengesetzten Richtung durchfliesst. Da nun sowohl durch das Aufhören, als auch durch das Entstehen eines Stromes im Leiter selbst Ströme inducirt werden und diese im betrachteten Falle wegen des verhältnissmässig geringen Widerstandes in der kurz geschlossenen Spule eine hohe elektromotorische Kraft erreichen können, so gehen diese Ströme schon vor erfolgter Berührung der betreffenden Collectorstäbe mit der Bürste zwischen diesen beiden durch die Luft über, d. h, es entstehen Funken. In dieser Weise spielt sich der Vorgang ab, wenn die Bürste in der neutralen Linie sich befindet, und daher die kurz geschlossene Spule für diesen Augenblick stromlos wird.

Fig. 3.



Verschiebt man jedoch die Bürste in der einen oder anderen Richtung, so ist die Spule während des Stromschlusses nicht stromlos, sondern es wirkt in derselben eine elektromotorische Kraft, die desto höher ist, je weiter die Verschiebung der Bürste erfolgt ist. Ist die Verschiebung gegen die Umlaufsrichtung des Ankers erfolgt, so wird die unter die Bürste gelangende Spule in einem Augenblicke geschlossen, in welchem noch elektromotorische Kräfte thätig sind und die wegen des geringen Widerstandes der kurzgeschlossenen Spule einen kräftigen Strom erzeugen. Die Funkenbildung wird daher durch eine derartige Bürstenverschiebung verstärkt. Rückt man jedoch die Bürste in der Richtung der Ankerumdrehung vor, so gelangt die Spule in einem Augenblicke in kurzen Schluss, in welchem in der eben vorher stromlos gewordenen Spule sich ein Strom von entgegengesetzter Richtung zu entwickeln beginnt, also wenn wir bei der oben gemachten Annahme bleiben, ein Strom gegen die Richtung der Uhrzeigerbewegung. Bei der vorhergegangenen Unterbrechung des Ankerstromes wurde nun aber durch die Selbstinduction ein Strom erregt, der mit dem unterbrochenen Strome in der Richtung übereinstimmen muss, d. h. ein Strom in der Richtung der Uhrzeigerbewegung. Somit wirken in der Spule zwei elektromotorische Kräfte in entgegengesetzter Richtung, die sich bei gleicher Stärke gegenseitig aufheben müssen. Wird daher die Bürste in der Umlaufsrichtung des Ankers so weit verschoben, dass die elektromotorische Kraft an dieser Stelle des magnetischen Feldes der elektromotorischen Kraft der Selbstinduction gerade das Gleichgewicht hält, so ist die Funkenbildung beseitigt.

Wird also die Bürste in die neutrale Linie gebracht, so erfolgt Funkenbildung, die noch verstärkt wird, wenn man die Bürsten gegen die Umlaufsrichtung des Ankers verschiebt und die unterdrückt wird, wenn

die Bürste über die neutrale Linie in der Umlaufsrichtung im bestimmten Masse verschoben wird. Rückt man die Bürste im selben Sinne darüber hinaus, so tritt ein Energieverlust ein, weil in dem nunmehr intensiveren Theile des magnetischen Feldes bereits ein dementsprechend starker Strom vernichtet werden muss.

Um die Funkenbildung zu unterdrücken, hat man daher die Ankerbewicklung aus möglichst vielen Spulen herzustellen, weil Spulen mit wenig Windungen eine geringe Selbstinduction besitzen, das magnetische Feld möglichst kräftig und in Bezug auf die Drehrichtung des Ankers von zunehmender Stärke zu erzeugen und für einen guten Contact zwischen den Bürsten und den Collectorstäben zu sorgen.

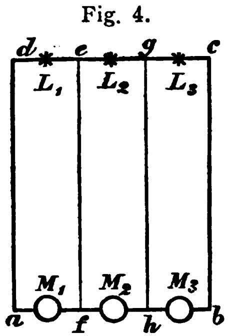
Der Stromabgeber unterliegt der Abnützung am meisten. Diese wird befördert durch starke Funkenbildung und auch durch Verunreinigung mit Schmieröl, wenn die Schmiervorrichtung nicht so angeordnet ist, dass auf den Stromabgeber kein Schmieröl gelangen kann. Die Funkenbildung ist bei Erzeugung von Strömen mit hoher Spannung unter sonst gleichen Umständen stärker, als bei Anwendung geringer Spannung. Zur Abnützung des Stromabgebers durch Verbrennung in Folge der Funkenbildung kommt noch eine durch chemische und mechanische Einwirkung, wenn das Schmieröl auf die Kupfersectoren fliesst. Durch den elektrischen Funken bilden sich Zersetzungsproducte des Oeles, die den Stromabgeber rascher zerstören helfen, und das Oel selbst kann, mit Staub, Metalltheilchen etc. vermengt, die Isolirungen zwischen den einzelnen Sectoren verderben. Es ist deshalb darauf zu achten, dass durch Construction oder Anordnung der Zutritt des Oeles zum Stromabgeber unmöglich gemacht wird. Da aber auch bei der Beachtung dieser Punkte der Stromabgeber immer jener Theil bleibt, der sich am raschesten abnützt, so verdienen

jene Maschinen den Vorzug, welche ein rasches und einfaches Auswechseln desselben gestatten.

Die rotirenden Spulen können dadurch unbrauchbar werden, dass der elektrische Strom die Isolirung durchschlägt oder dass diese durch Erwärmung oder andere Ursachen zu Grunde geht. Ferner können auch Drahtbrüche an der einen oder anderen Stelle eintreten. Es wird daher als Vorzug einer Maschine gelten, wenn sie in leichter Weise die Auswechslung der schadhaften Spule gestattet.

Hat man bei der Construction der Maschine diesen Umständen keine Rechnung getragen, so erfordert die Sicherheit des Betriebes einer solchen Maschinenanlage die Beigabe von Reserveankern, während im gegentheiligen Falle einige Reservespulen genügen.

Fig. 4.



Wenn eine Dynamomaschine zum Betriebe einer Anlage nicht ausreicht, so können deren mehrere zur gemeinschaftlichen Stromlieferung im Allgemeinen ebenso miteinander verbunden werden, wie die galvanischen Elemente zu einer Batterie. Die Art und Weise ihrer Verbindung wird sowohl durch den angestrebten Zweck als auch durch die Eigenart der betreffenden Maschinen bestimmt. Hat man z. B. mit drei Dynamomaschinen eine bestimmte Anzahl von Bogenlampen zu betreiben, so wird es sich in vielen Fällen als zweckmässiger herausstellen, alle drei Maschinen mit allen Lampen in einen Stromkreis zu vereinigen, als für jede der Maschinen einen eigenen Stromkreis anzuordnen. Man verbindet also die Maschinen M_1 M_2 M_3, Fig. 4, hintereinander und durch die Leitungen $a\,d$ und $b\,c$ mit den gleichfalls hintereinander verbundenen Bogenlampen L_1 L_2 L_3. Für

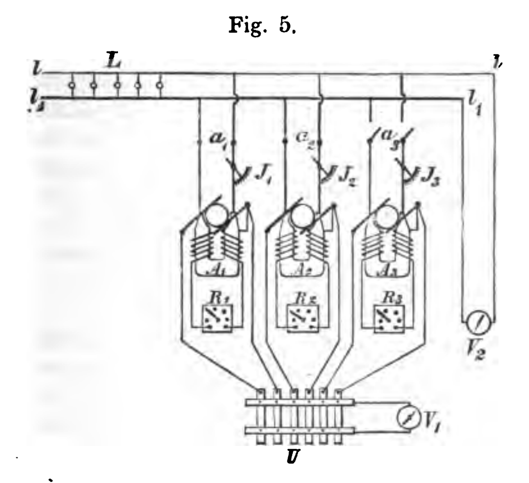
eine derartige Hintereinanderschaltung der Lampen und Maschinen spricht allerdings der Umstand, dass dies die einfachste und daher auch billigste Herstellung der Leitung ist. Doch gestaltet sich dann aber die Sicherheit des Betriebes geringer als bei den anderen Schaltungsweisen, denn bei der skizzirten Schaltung genügt eine Beschädigung an irgend einer Stelle des Stromkreises, um sofort den Betrieb der ganzen Anlage umöglich zu machen. Dieser Uebelstand kann jedoch unter Beibehaltung der angegebenen Schaltungsweise zum grössten Theile beseitigt werden, wenn man an entsprechenden Stellen Hilfsleitungen anbringt, z. B. bei *e f* und *g h*. Hierdurch erlangen dann die Lampenserien bei L_1 L_2 L_3 eine gewisse Unabhängigkeit von einander, so dass, wenn eine versagt oder ausser Betrieb gesetzt wird, die anderen nicht in Mitleid gezogen werden. Bei normalem Betriebe werden die elektrischen Ströme zwar auch dann nur in der Leitung *a b c d a* fliessen, während die Hilfsleitungen *e f* und *g h* stromlos bleiben, aber diese werden sofort ihre passive Rolle aufgeben, wenn an irgend einer Stelle irgend eine Störung eintritt. Würde z. B. in L_1 oder überhaupt an irgend einer Stelle des Stromkreises von L_1 an über *d a* bis M_1 eine solche Störung eintreten, so dass also die Ströme ganz oder zum Theile verhindert werden, die Leitungstheile *d e*, *d a* und *a f* zu durchfliessen, so bietet sich nunmehr in dem Hilfsdrahte *e f* eine Ersatzleitung dar, welche beim etwaigen Erlöschen der Lampe oder Lampenserie in L_1 die Lampen bei L_2 L_3 u. s. w. vor dem Auslöschen bewahrt.

Will man Dynamomaschinen parallel schalten, so müssen alle mit gleicher Spannung arbeiten, denn würde eine Maschine z. B. mit bedeutend höherer Spannung arbeiten als die übrigen, so würde sie sich wie eine kurz geschlossene Maschine verhalten, bei sehr niedriger Spannung hingegen würde ein starker Strom in die Maschine fliessen. Hat man es mit Com-

poundmaschinen zu thun, welche thatsächlich gleiche Spannung halten, so gestaltet sich das Ein- und Ausschalten der parallel geschalteten Maschinen ganz einfach, indem man nämlich eine weitere Maschine unmittelbar einschaltet, sobald sie die richtige Tourenzahl und Spannung erreicht hat.

Handelt es sich aber nicht um Compoundmaschinen, so hat man die einzuschaltende Maschine zuerst mit

Fig. 5.



Hilfe eines Nebenschluss-Rheostaten auf die Spannung der bereits arbeitenden Maschinen zu bringen; wird die einzuschaltende Maschine durch einen eigenen Motor angetrieben, so kann dies auch durch Regulirung des letzteren erreicht werden.

So bedient sich z. B. die Firma Siemens & Halske, um einen speciellen Fall anzuführen, der ersterwähnten Methode. In Fig. 5 ist die Parallelschaltung der drei Gleichstrommaschinen A_1 A_2 A_3 zum Betriebe der zwischen l und l_1 parallel geschalteten Glühlampen skizzirt. Hierbei sind mit R_1 R_2 R_3 Neben-

schluss-Rheostate, mit V_1 V_2 Spannungsmesser, mit J_1 J_2 J_3 Stromstärkemesser, mit a_1 a_2 a_3 Ausschalter und mit U ein Generalumschalter bezeichnet. Die verticalen Lamellen des letzteren sind mit den Polklemmen der Maschinen, die horizontalen Lamellen mit dem Spannungsmesser V_1 verbunden, so dass also durch passende Stöpselung des Generalumschalters die Spannung an den Polklemmen jeder Maschine durch den Spannungsmesser V_1 gemessen werden kann.

Soll demnach die Maschine A_3 zu den im Betriebe befindlichen Maschinen geschaltet werden, so bringt man sie zunächst auf die nöthige Tourenzahl. Dann schaltet man mit Hilfe des Nebenschluss-Rheostaten R_3 so viel Widerstand ein, bis der mit der Maschine A_3 durch den Umschalter U verbundene Spannungsmesser V_1 dieselbe Spannung anzeigt, wie der mit der Lampenleitung l l_1 verbundene Spannungsmesser V_2. Jetzt stellt man die Verbindung der Maschine A_3 mit der Leitung l l_1 durch Schliessen des Ausschalters a_3 her. Die derart eingeschaltete Maschine liefert aber weder einen Strom in die Leitung, noch empfängt sie einen aus derselben — sie läuft leer. Sie wird erst dann in der gewünschten Weise beansprucht werden, wenn sie durch Ausschalten vom Widerstand R_3 auf die entsprechende Stromstärke gebracht ist; man ersieht dies aus den Anzeigen des Stromstärkemessers J_3.

Soll eine der parallel geschalteten Maschinen ausgeschaltet werden, so ist natürlich der umgekehrte Gang einzuhalten, d. h. die Maschine muss zuerst durch Einschalten von Widerstand stromlos gemacht werden, und dann erst hebt man ihre Verbindung mit der Lampenleitung auf.

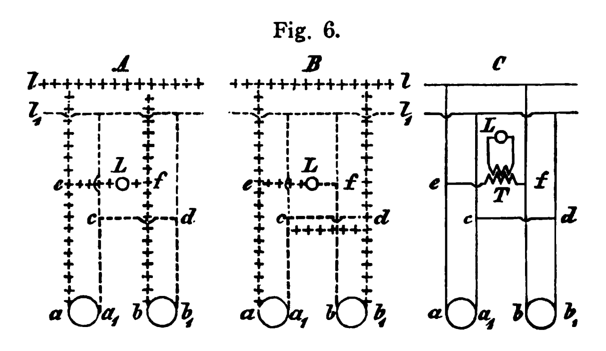
Was bisher bezüglich der Schaltung mehrerer Maschinen in einem Stromkreise gesagt wurde, bezieht sich auf Gleichstrommaschinen. Die Wechselstrommaschinen liefern in rascher Aufeinanderfolge abwechselnd Ströme und Stromimpulse der einen und

der entgegengesetzten Richtung und somit wechseln auch fortwährend die Vorzeichen für die Polklemmen dieser Maschinen. Will man daher solche Maschinen parallel schalten, so muss man offenbar zunächst ein Mittel haben, welches zu erkennen erlaubt: 1. ob die zu verbindenden Maschinen überhaupt gleich grosse Phasen, d. h. gleich viele Stromwechsel in der Zeiteinheit besitzen, und 2. ob sie gleiche oder entgegengesetzte Phasen aufweisen. Der erste Punkt stellt, wie wohl leicht einzusehen, eine Bedingung dar, welche erfüllt werden muss, wenn zwei oder mehrere Wechselstrommaschinen in einem Stromkreise nebeneinander arbeiten sollen. Der zweite Punkt stellt keine Forderung an die von den betreffenden Maschinen zu leistenden Arbeiten dar, sondern verlangt nur die Anzeige, welche Polklemmen der Maschinen im gegebenen Momente positive und welche negative sind.

Besitzen zwei Wechselstrommaschinen annähernd gleiche Phasen, so werden ihre Stromwechsel offenbar in gewissen Zwischenräumen auf denselben Zeitpunkt zusammenfallen müssen. Hierbei sind zweierlei Möglichkeiten denkbar: der gleichzeitige Stromwechsel kann bei beiden Maschinen im selben oder im entgegengesetzten Sinne stattfinden. Diesem Umstande muss nun bei der Parallelschaltung mehrerer Maschinen auch Rechnung getragen werden. In Fig. 6 stellen $a\,a_1$ und $b\,b_1$ die Wechselstrommaschinen dar, welche parallel geschaltet werden sollen, um die in der gemeinschaftlichen Leitung $l\,l_1$ befindlichen Lampen zu speisen. Um nun hierbei die Gleichzeitigkeit und Gleichartigkeit der Phasen beider Maschinen erkennen zu können, stellen wir nach dem von der Firma Ganz & Co. eingehaltenen Vorgange die Verbindungen $c\,d$ und $e\,f$ her und schalten in eine dieser Verbindungen, z. B. in $e\,f$, irgend eine stromanzeigende Vorrichtung, etwa die Lampe L, ein. Betrachtet man die Figur, in welcher wir der besseren Uebersicht wegen die im gegebenen

Momente positiven Leitungen durch + + + +, die negativen durch — — — — dargestellt haben, so sind die beiden erwähnten Arten der Phasen und ebenso deren Eigenthümlichkeiten in *A* und *B* unschwer zu erkennen. Findet der gleichzeitige Stromwechsel bei beiden Maschinen im selben Sinne statt (Fig. 6 *A*), so müssen in diesem Momente (gleiche Stromstärken der Maschinen vorausgesetzt) die Verbindungsleitungen *e f* und *c d* stromlos werden, da *e f* einerseits mit der +-Leitung *a e*, anderseits mit der gleichfalls +-Leitung *b f*

Fig. 6.



in Verbindung steht, und durch *c d* die augenblicklich negativen Polklemmen beider Maschinen vereinigt, d. h. also die Lampe *L* erlöscht. Treten die gleichzeitigen Stromwechsel hingegen in beiden Maschinen im entgegengesetzten Sinne ein (Fig. 6 *B*), so wird die Lampe *L* hell aufleuchten, und zwar so hell, als der doppelten elektromotorischen Kraft einer Maschine entspricht, denn in diesem Falle erscheinen die beiden Maschinen für den gegebenen Moment durch die beiden Hilfsleitungen *c d* und *e f* hintereinander geschaltet.

Die in *c f* eingeschaltete Lampe *L* zeigt also in der That nicht nur die Zeiten an, zu welchen in beiden Maschinen gleichzeitig Stromwechsel erfolgen, sondern sie gibt für diesen gleichzeitigen Stromwechsel auch die

Polarität an den Polklemmen beider Maschinen an. Hiernach hat man also die Maschinen in folgender Weise einzuschalten: Benützt man jenen Moment, in welchem die Lampe *L* erlöscht (Fig. 6 *A*), so sind die Polklemmen *a* und *b* mit der Leitung *l*, die Klemmen a_1 b_1 mit der Leitung l_1 zu verbinden. Soll hingegen das hellste Aufleuchten der Lampe *L* benützt werden (Fig. 6 *B*), so sind die Klemmen *a* b_1 mit *l* und a_1 *b* mit l_1 zu verbinden; hierbei hat man aber dafür Sorge zu tragen, dass gleichzeitig in die Hilfsleitung *c d* ein hinlänglich grosser Widerstand eingeschaltet oder diese Leitung ganz unterbrochen wird, weil sonst die beiden Maschinen, wie aus der Figur zu ersehen, im kurzen Schlusse hintereinander verbunden erscheinen.

Mit Zugrundelegung obiger Betrachtungen kann die Parallelschaltung der Wechselstrommaschinen natürlich auf verschiedene Weise praktisch durchgeführt werden. Es würde zu weit führen, hier auf die verschiedenen Anordnungen, deren sich die Firma Ganz & Co., den gegebenen Verhältnissen entsprechend, bedient, näher einzugehen. Erwähnt möge nur noch werden, dass bei Maschinen für Wechselströme mit sehr hoher Spannung der Anzeigeapparat oder sogenannte Phasen-Indicator *L* nicht direct, sondern unter Vermittlung eines kleinen Transformators *T* (Fig. 6 *C*) eingeschaltet wird, so dass also nicht der hochgespannte Maschinenstrom, sondern ein auf niedrigere Spannung gebrachter Strom in der Lampe oder dem Messinstrumente *L* zur Verwendung gelangt.

Ebenso wie die genannte Firma hat auch die Maschinenfabrik Oerlikon bei vielen Anlagen parallel geschaltete Wechselstrommaschinen (von Kapp) in praktischem Betriebe; die Zuschaltung einer weiteren Maschine erfolgt auch hier zum Theile mit Hilfe eines Phasenindicators, zum Theile auch in anderer Weise.

Bei Dynamomaschinen, die dem Lichtbetriebe dienen, ist auch die Verbindung der Dynamomaschine

mit dem Motor von Wichtigkeit, weil die Art dieser Verbindung wesentlich mitbestimmend auf die Gleichmässigkeit des Betriebes und daher auf die Stetigkeit des Lichtes einwirkt. Ungleichförmigkeiten des Lichtes in Folge der Verbindungsweise werden am besten dadurch vermieden, dass man die Dynamomaschine direct mit dem Motor kuppelt. Für grosse Maschinen, wie solche in den elektrischen Centralen zur Aufstellung gelangen, wird diese Verbindungsweise auch in der Regel gewählt. Diese Verbindungsweise ist für grosse Maschinen möglich, weil bei grossen Maschinen trotz der verhältnissmässig geringen Umlaufsgeschwindigkeit der Dampfmaschine die inducirten Drähte genügend rasch durch das magnetische Feld bewegt werden. Bei kleineren Maschinen ist die directe Kupplung mit dem Motor nur dann möglich, wenn letzterer zu den sogenannten schelllaufenden Maschinen gehört. Solche schnelllaufende Dampfmaschinen, Dampfturbinen und Hochdruckturbinen sind mehrfach construirt und mit Erfolg zur Anwendung gebracht worden. Da die schnelllaufenden Dampfmaschinen und namentlich die Dampfturbinen weniger wirthschaftlich arbeiten als langsam laufende, kommen sie nur in speciellen Fällen, in welchen dieser Umstand weniger ins Gewicht fällt als andere, zur Anwendung; solche Umstände können z. B. die Entnahme des Dampfes aus einem bereits vorhandenen Dampfkessel oder die Beschaffenheit des Aufstellungsraumes für die Maschinen, vermöge welcher es an dem für den Riemenantrieb oder gar für ein Vorgelege nöthigen Raum fehlt. Beide Umstände treffen auf Schiffen zu, welche man gegenwärtig sehr häufig elektrisch beleuchtet.

Beim Riemen-, beziehungsweise Seilantrieb hat man zunächst darauf zu achten, dass das Uebersetzungsverhältniss kein zu grosses wird und, wenn irgend möglich, unter 1:4 bis 5 bleibt. Ist dies nicht zu erreichen, so wird man ein Vorgelege einschalten und

die nöthige Gesammtübersetzung auf die Uebersetzung vom Motor zum Vorgelege und vom Vorgelege zur Dynamomaschine vertheilen. Um das Gleiten des Riemens möglichst zu vermindern, wird die Dynamomaschine nicht starr mit ihrem Fundamente verbunden, sondern ruht gewöhnlich unter Vermittlung von Schienen auf demselben, auf welchen sie verschoben werden kann, bis die erforderliche Riemenspannung erreicht ist. Da der ziehende Theil des Riemens stärker gespannt ist, als der gezogene und daher letzterer bogenförmig herabhängt, so macht man die untere Riemenhälfte zum ziehenden Theil, weil hierdurch die Berührungsfläche zwischen Riemen und Riemenscheibe vergrössert wird, während im gegentheiligen Falle, also beim bogenförmigen Herabhängen des gezogenen Riementheiles als untere Hälfte eine Verkleinerung dieser Fläche entstünde. Die Verbindung der Riemenenden muss auf vollkommen glatte Weise erfolgen, also durch leimen oder kitten, nicht aber durch Nähte oder gar einen Metallverschluss, da jede Unebenheit die Gleichförmigkeit des Betriebes stört, was beim jedesmaligen Passiren einer solchen Unebenheit über die Riemenscheibe der Dynamomaschine sich durch ein Zucken des Lichtes, z. B. der Glühlampen, geltend macht. Die Stärke der Riemen lässt sich zwar in einfacher Weise berechnen, doch kann dieselbe auch aus den hierfür aufgestellten Tabellen, welche in den meisten Ingenieurtaschenbüchern u. dergl. enthalten sind, entnommen werden.

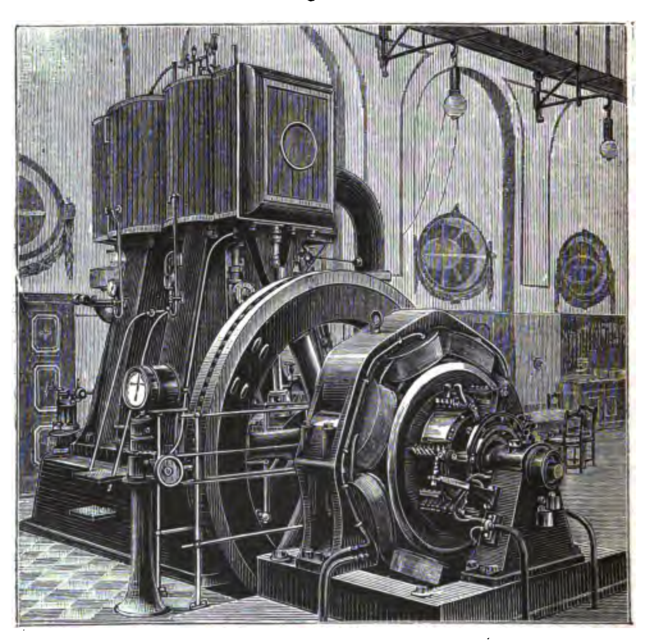
Im Nachstehenden werden beispielsweise einige Verbindungsarten von Dynamomaschinen mit ihren Motoren vorgeführt.

In Fig. 7 ist eine Dampfdynamomaschine von 350 Pferdestärken dargestellt, wie solche in den Münchener städtischen Elektricitätswerken im Betriebe stehen.*) Die Dampfmaschine arbeitet mit 9 Atmo-

*) Berliner Elektrotechnische Zeitschrift. 1897, S. 5.

sphären Anfangsspannung und Condensation, kann aber durch ein Wechselventil auch auf Auspuff gestellt werden. Der Durchmesser des Hochdruckcylinders beträgt 510 mm, jener des Niederdruckcylinders 760 mm,

Fig. 7.



der Kolbenhub 180 mm und die Maschine läuft mit 150 Umdrehungen in der Minute.

Das Schwungrad, welches auf der Kupplung der Kurbelwelle mit der Dynamowelle aufgekeilt ist, wiegt rund 6900 kg; sein Durchmesser beträgt 2·8 m. Der auf den Expansionsschieber einwirkende, durch Kegelräder angetriebene Hartung'sche Federregulator lässt bei Belastungsänderungen von mehr als 25% der regel-

mässigen Belastung Geschwindigkeitsänderungen von nur 1 % der normalen Umdrehungszahl zu. Der Gleichförmigkeitsgrad bei constant bleibender Belastung beträgt $^1/_{250}$.

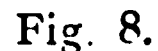


Fig. 8.

Die mit der Dampfmaschine verkuppelte Dynamomaschine ist eine vielpolige der Elektricitäts-Actien-Gesellschaft vormals Schuckert & Co. in Nürnberg. Dampfleitungen und Kabel sind im Maschinenkeller angeordnet, so dass die Maschinen vollkommen frei stehen.

Ebenso und aus denselben Gründen wie bei der Dampfmaschine hat man auch den Gasmotor direct mit der Dynamomaschine zu verbinden gesucht.

Solche Gasdynamos werden z. B. von der Firma Gebrüder Körting in Körtingsdorf bei Hannover gebaut. In Fig. 8 ist eine Gasdynamo für Centralstationen aus »Industries« wiedergegeben. Sie besteht aus einem 35-pferdigen Gasmotor und der mit ihm direct gekuppelten langsam laufenden Dynamomaschine. Die Gaskraftmaschine ist von Scheicher, Schum & Co. in Philadelphia gebaut und besitzt zwei Cylinder, welche auf dieselbe Kurbelwelle wirken, so dass bei jeder Umdrehung ein Impuls erfolgt. Die Dynamomaschine besitzt keine besonderen Eigenthümlichkeiten; sie gibt bei 100 V über 200 A. Bei gewöhnlichem Gase verzehrt die Maschine etwa 0·65 kg Kohle pro indicirte Pferdekraftstunde. Die Maschine läuft mit bemerkenswerth gleichförmiger Geschwindigkeit.

In Fig. 9 ist ein Maschinensatz aus der elektrischen Centralstation in Genf dargestellt, bestehend aus einer Turbine und zwei Dynamomaschinen. Die Turbine, welche von Faesch & Piccard gebaut und mit einem automatischen Turbinenregulator derselben Firma verbunden ist, arbeitet unter hohem Drucke und nimmt daher im Verhältnisse zu ihrer Leistung einen sehr geringen Raum ein. Das Wasser wird der städtischen Wasserleitungsanlage entnommen und zwar unter einem Drucke von etwa 16 Atmosphären. Die Turbine besitzt eine horizontale Achse, die an ihren beiden Enden mit Schwungrädern und Kupplungsmuffen versehen ist, und läuft mit einer Geschwindigkeit von 350 Umdrehungen in der Minute; je zwei Lichtmaschinen, System Thury, sind mit der Turbine direct gekuppelt.

Die in Fig. 10 dargestellte Theilansicht der elektrischen Centrale in Késmárk (Ungarn) zeigt den Riemen- und Seilantrieb unter Vermittlung eines Vorgeleges. Von den zwei Turbinen mit je 56 PS der Firma

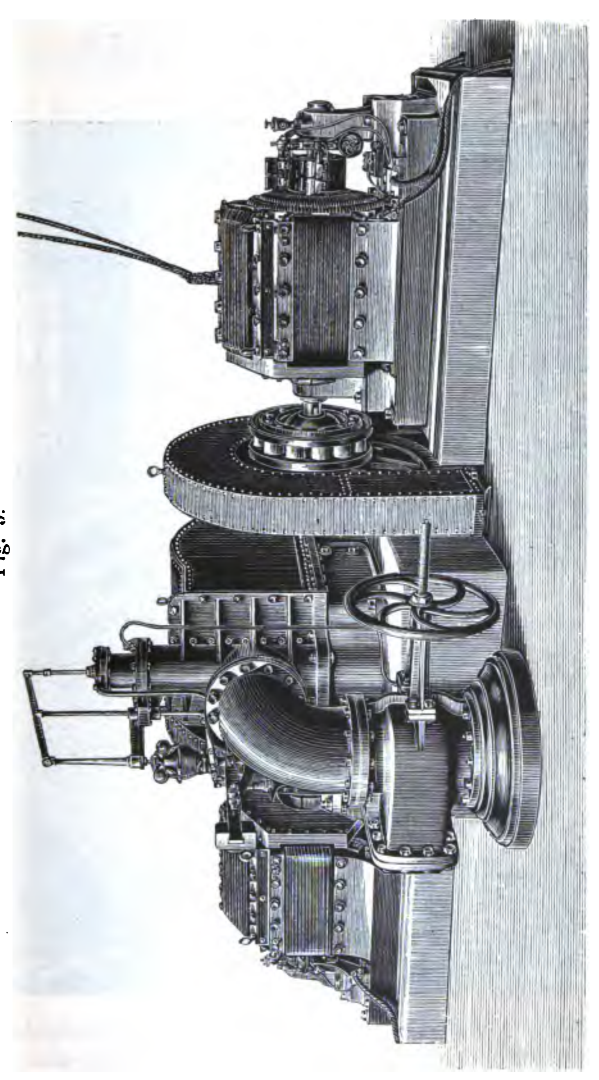
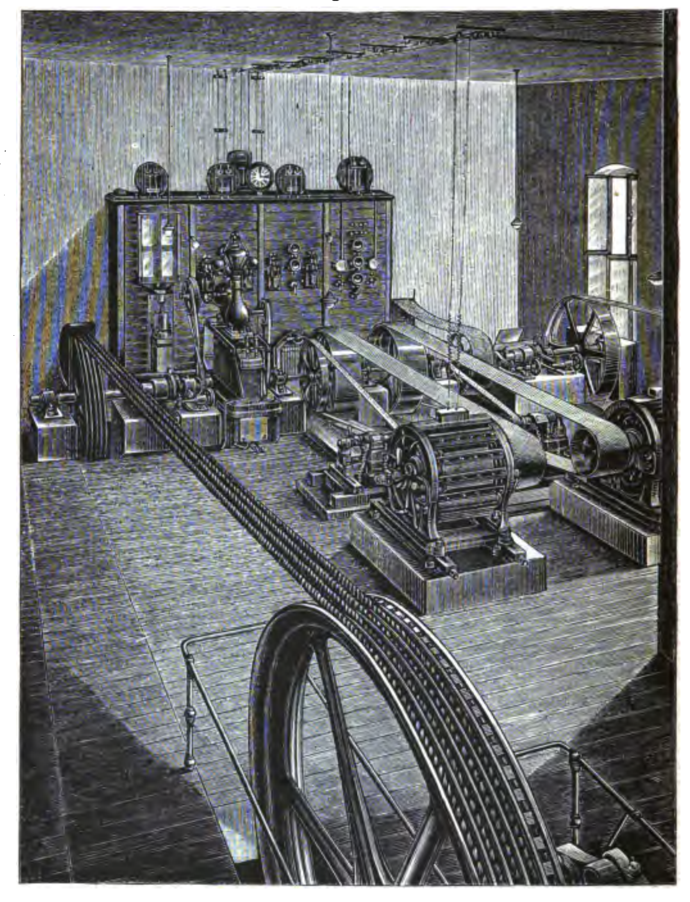


Fig. 9.

Ganz & Co. (in Budapest) dient vorläufig eine für den elektrischen Betrieb und die zweite für den Betrieb

Fig. 10.



der Mühle, welch' letzterer jedoch ganz aufgelassen wird, sobald die zu erwartende Erweiterung des elek-

trischen Betriebes beide Turbinen für sich in Anspruch nehmen wird. Als Reserve für die drei Wintermonate, während welcher die Wassermenge oft bedeutend sinkt, ist eine Dampfanlage, bestehend aus einem Steinmüller-Röhrenkessel und einer liegenden Compound-Dampfmaschine von 80 PS aufgestellt.

Die beiden Turbinen, ebenso wie die Dampfmaschine arbeiten mittelst lösbarer Kuppelungen auf eine gemeinsame Transmission derart, dass sowohl die Turbine des Elektricitätswerkes als auch die Dampfmaschine und ferner durch Vermittlung der Mühltransmission auch die Turbine der Mühle einzeln oder zu zweien oder dass endlich alle drei genannten Motoren zusammen die Transmission betreiben können und dass umgekehrt auch die Mühle wieder von der Transmission des Elektricitätswerkes aus betrieben werden kann.

Von der genannten Haupttransmission aus, deren Umdrehungsgeschwindigkeit durch einen selbstthätigen Bremsregulator constant gehalten wird, werden zwei Wechselstrommaschinen Type A^4 der Firma Ganz & Co. für 45·000 W bei 2000 V Spannung und 625 Umdrehungen in der Minute und 2 Erregermaschinen Type $\triangle^1$ für 3300 W bei 110 V Spannung und 900 Umdrehungen in der Minute angetrieben. In der Regel ist eine Maschinengarnitur in Betrieb, während die zweite als Reserve dient.

III.

Stromregulirung und Vertheilung.

1. Regulirung des Stromes.

Soll eine Dynamomaschine gleichzeitig mehrere oder viele Lampen mit elektrischer Energie versorgen, so verlangt man, dass jede Lampe oder Lampengruppe gänzlich unabhängig von den anderen stets genau die für sie nothwendige elektrische Energie erhält. Da nun aber in den weitaus meisten Fällen der Energieverbrauch ein verschiedener für verschiedene Zeiten ist, so muss dementsprechend offenbar auch die Zufuhr, beziehungsweise Erzeugung der elektrischen Energie, diesem Umstande Rechnung tragend, geregelt werden, d. h. es ist eine Regulirung des Stromes erforderlich. Da die Lampen in zweierlei Weise, nämlich in Serien- oder Hintereinanderschaltung und in Parallel- oder Nebeneinanderschaltung angeordnet werden können, so muss dementsprechend auch die Stromregulirung auf zweierlei Art erfolgen. Sind die Lampen hintereinander geschaltet, so wird durch Zuschaltung neuer Lampen der Widerstand des Stromkreises erhöht, und da die Stromstärke unverändert bleiben muss, so erfordert dies eine Steigerung der elektromotorischen Kraft. Das entgegengesetzte Verhalten tritt beim Ausschalten von Lampen ein. Sollen die Lampen in Parallelschaltung betrieben werden, so muss die Spannung ungeändert bleiben, sowohl beim Zu- als auch

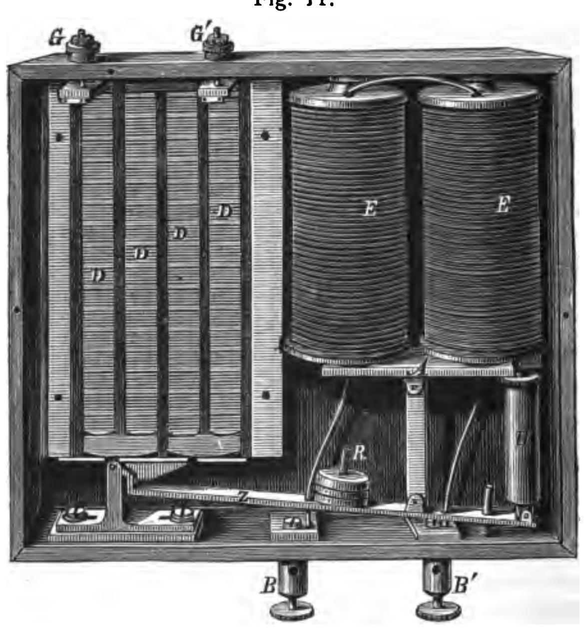
beim Abschalten von Lampen; es muss sich daher die Stromstärke verändern und zwar umgekehrt wie der Widerstand, weil dieser grösser wird beim Ausschalten und kleiner beim Einschalten von Lampen. Im ersterwähnten Falle muss daher die Spannung regulirt werden, um die Stromstärke constant zu erhalten und im letzterem Falle ist die Stromstärke zu reguliren, um die Spannung constant zu erhalten.

Die Arbeitsleistung einer Dynamomaschine hängt ab von dem Widerstande und einer etwa entgegenwirkenden elektromotorischen Kraft im äusseren Stromkreise, von der Anzahl der Ankerwindungen, der Umdrehungsgeschwindigkeit des Ankers und der Intensität des magnetischen Feldes, und daher können alle diese Umstände benützt werden, um eine Regulirung zu bewirken. Für die praktische Anwendung im Vorhinein ausgeschlossen ist die Veränderung des Widerstandes im äusseren Stromkreise, da die Einschaltung von Widerständen an Stelle der ausgeschalteten Lampen einen nutzlosen Energieverbrauch darstellt. Auch die Anwendung elektromotorischer Gegenkräfte lässt nur in einzelnen Fällen ein günstiges Resultat erzielen. Hingegen hat man vielfach die Stromregulirung durch Veränderung der Umlaufszahl des Ankers, durch Veränderung der wirksamen Anzahl von Ankerwindungen und namentlich aber durch Aenderungen der Intensität des magnetischen Feldes zu erreichen gesucht.

Beginnen wir mit der Regulirung des Stromes bei der einfachsten Schaltungsweise, nämlich bei der Serienschaltung, welche hauptsächlich beim Betriebe von Bogenlampen, zuweilen auch bei Glühlampen Verwendung findet. Als besonders für solche Betriebe geeignete Maschinen sind die mit offener Wicklung und von diesen wieder die Maschinen von Brush und von Thomson-Houston zu bezeichnen. Maschinen dieser Art sind besonders geeignet für die Erzeugung von hochgespannten Gleichströmen, weil ihr Commutator

nur aus wenigen, durch Luft voneinander isolirten Theilen besteht und in Folge dieser Anordnung weniger der Abnützung unterliegt, wie der vieltheilige Stromsammler der Maschinen mit geschlossener Wicklung, welcher unter dem Ueberspringen der langen Funken

Fig. 11.



von Bürste zu Bürste und unter der bei solchen Betrieben nothwendigen Bürstenverschiebung rasch zugrunde geht.

Die Regulirung des Stromes erreicht Brush durch Einschaltung eines veränderlichen Widerstandes in einen Nebenschluss zum Stromkreise der Feldmagnete. Dieser Widerstand besteht aus vier Säulen *DDDD*, Fig. 11, welche aus Kohlenplatten gebildet sind. Der

bei der Klemme *G* eintretende Strom ist genöthigt, sämmtliche Platten der ersten Säule in der Richtung nach unten zu durchlaufen, gelangt dann in die zweite Säule, die er in der Richtung nach oben durchströmt, fliesst hierauf nach abwärts durch die dritte Säule und schliesslich wieder nach aufwärts durch die vierte Säule, worauf er bei der Klemme *G'* den Apparat verlässt und wieder in den Hauptstromkreis zurückkehrt. Diese Kohlensäulen stehen unter der Einwirkung eines in den Hauptstromkreis geschalteten Elektromagnetes *EE* in der Art, dass der Anker *A* desselben die Kohlenscheiben mehr oder weniger fest aneinander presst und dadurch den Leitungswiderstand der Säulen verändert. Wird nämlich der Strom zu stark, so zieht der Magnet den Anker kräftig an und dieser drückt unter Vermittlung des Hebels *z* die Kohlenscheiben fest aneinander. Dadurch wird der Widerstand der Säulen verringert, es fliesst ein stärkerer Strom durch diesen Nebenschluss und daher ein dem entsprechend abgeschwächter durch den Hauptstromkreis, der auch eine Abschwächung der Intensität des magnetischen Feldes zur Folge hat. Ist der den Hauptstromkreis durchfliessende Strom zu schwach, so tritt natürlich das entgegengesetzte Verhalten ein. Um heftige Ankerbewegungen zu vermeiden, ist der Anker mit einer Luftpumpe *H* als Dämpfung versehen, und das Auflegen von Gewichten *R* auf den Hebel *z* ermöglicht die Regulirung des Apparates.

Eine Stromregulirung durch automatische Verstellung der Bürsten erfolgt z. B. bei der Maschine von Thomson-Houston. Von einer Beschreibung derselben wird jedoch hier Umgang genommen, da dies, ohne näheres Eingehen auf die Construction der Maschine selbst, nicht zweckentsprechend wäre.

Weitaus die meisten Methoden zur Regulirung der Stromstärke beruhen auf Veränderung der magnetischen Feldintensität, welche man dadurch erreicht,

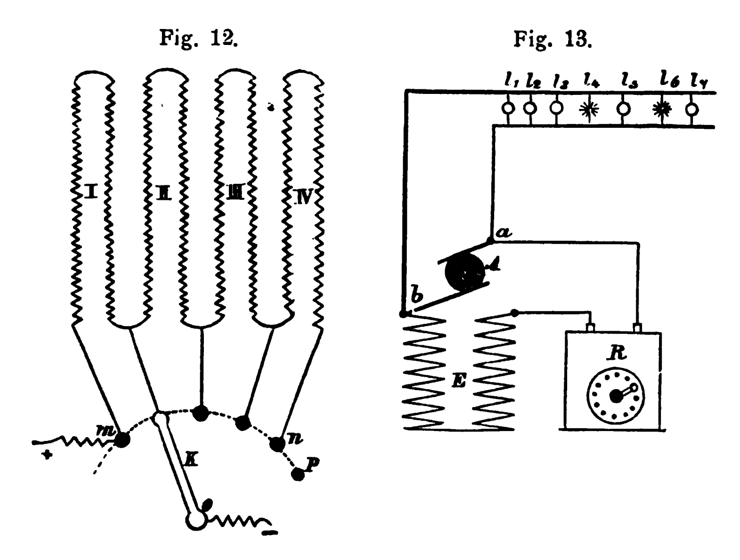
dass man den Widerstand in dem die Feldmagnete erregenden Stromkreise oder in einem hierzu parallel geschalteten Stromkreise verändert, oder dass man die Zahl der magnetisirenden Windungen verändert. Die erste Methode kann angewendet werden bei Nebenschlussmaschinen und Maschinen mit selbständiger Erregermaschine, die zweite bei Hauptschlussmaschinen und die dritte bei solchen Maschinen, deren erregende Wicklungen in einzelne Abtheilungen getheilt sind. In allen Fällen kann die Regulirung sowohl durch die Hand als auch selbstthätig erfolgen.

Erfolgt die Regulirung durch Ein- und Ausschalten von Widerständen mit der Hand, so bedient man sich hierzu der Handwiderstände oder Handrheostate, welche in mannigfacher Art construirt worden sind. Ihre Wirkungsweise ist aus der schematischen Figur 12 zu erkennen. Die Spiralen I bis IV, aus Neusilberdraht, sind mit Metallcontacten (als schwarze Scheibchen gezeichnet) leitend verbunden, die kreisförmig angeordnet sind, so dass die um *o* drehbare Kurbel *K* der Reihe nach mit allen diesen Metallcontacten in Berührung gebracht werden kann. Es ist aus der Figur unmittelbar zu ersehen, dass der bei *m* eintretende Strom direct auf die Kurbel *K* übergeht und über *o* den Apparat verlassen wird, wenn die Kurbel mit *m* in Berührung gebracht ist, dass er aber vorher die Widerstände I, II . . . durchlaufen muss, wenn die Kurbel durch entsprechende Drehung mit dem 2., 3 . . . Metallcontacte in leitende Berührung gebracht worden ist; ruht endlich die Kurbel *K* auf *p*, so besteht zwischen *m* und *o* gar keine leitende Verbindung, d. h. der Stromkreis ist ganz unterbrochen.

Mit Hilfe eines solchen Rheostaten bewirkt man die Regulirung der Stromstärke in folgender Weise: Nehmen wir an, es werde eine bestimmte Anzahl von parallel geschalteten Lampen $l_1\, l_2$ . . (Fig. 13) durch eine Nebenschlussmaschine gespeist, so werden sich

die im Anker *A* erzeugten Ströme an den Polklemmen *a* und *b* auf den Lampenstromkreis und den Stromkreis der Elektromagnete *E* und des Rheostaten *R* entsprechend den Widerständen dieser beiden Stromkreise vertheilen. Werden nun aber die Lampen l_1 l_2 l_3 ausgeschaltet, so wird hierdurch der Widerstand im Lampenstromkreise erhöht, weil jetzt die leitenden Verbin-

Fig. 12. Fig. 13.



dungen (d. h. die eingeschalteten Lampen) zwischen den beiden Stromhauptleitern um drei (l_1 l_2 l_3) verringert worden sind. Es wird daher zunächst die Stromstärke im Lampenstromkreise abnehmen, im Elektromagnetstromkreise aber zunehmen, weil ja der Widerstand dieses Stromkreises unverändert geblieben ist. Hieraus folgt aber eine Verstärkung der Elektromagnete und daher auch der durch diese in der Armatur *A* erzeugten Inductionsströme. Um dieses unnütze, eventuell auch schädliche Anwachsen des Stromes bei Aus-

schaltung von Lampen zu verhindern, schaltet man nun durch den Rheostaten einen hinlänglich grossen Widerstand in den Elektromagnetstromkreis ein, so dass dessen Gesammtwiderstand gross genug wird, um die Stromstärke in den Drahtwindungen der Elektromagnete auf jenes Mass herabzudrücken, welches der durch den verringerten Strombedarf bedingten verringerten magnetischen und daher auch inducirenden Kraft der Elektromagnete entspricht.

Was nun die technische Ausführung solcher Rheostate anbelangt, so kann diese natürlich eine verschiedene sein. Man setzt solche, wie bereits erwähnt, z. B. aus Neusilberdrahtspiralen zusammen, man bildet sie aber auch aus Kohlenstäben, Kohlenscheiben, verschieden geformten Blech- oder Drahtnetzbändern u. s. w.

In Fig. 14 ist eine der einfachsten von den vielen Ausführungsformen der Handrheostate dargestellt. In einem Holzgestelle ist eine Anzahl von Drahtspiralen befestigt. Der obere Theil des Gestelles trägt den Schaltkopf mit einer Reihe im Halbkreise angeordneter Contactknöpfe, über welche ein drehbarer Contacthebel gleitet. Die aufeinander folgenden Spiralen oder Spiralgruppen sind mit den entsprechenden Contactknöpfen verbunden, so dass je nach der Stellung des Hebels mehr oder weniger Widerstandsstufen zwischen den Anschlussklemmen eingeschaltet sind.

In Anlagen mit Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen, welche von verschiedenen Motoren angetrieben werden, gelangt meistens ein sogenannter Belastungsrheostat zur Anwendung, der dazu dient, die einzuschaltende Maschine vor Einschaltung in das gemeinsame Leitungsnetz allmählich zu belasten oder der auszuschaltenden Maschine langsam die Belastung abzunehmen. Dieser aus Eisen-, Ferronickel oder Neusilberdraht hergestellte Rheostat wird z. B. von Ganz & Co. für kleinere Leistungen in 10, für grössere in 20 Abstufungen ausgeführt, welche mit den Contactstücken

eines 10-, beziehungsweise 20theiligen Claviatur-Ausschalters verbunden sind, mit dessen Hilfe man die

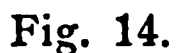


Fig. 14.

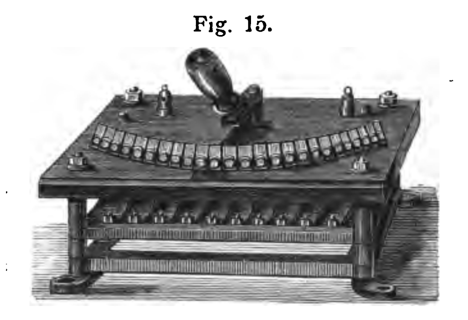
einzelnen Widerstandsstufen nacheinander parallel schalten kann.

Bisher hat man die Drähte, Bleche oder Netze der Widerstände gewöhnlich in unmittelbarer Berührung mit der Luft angeordnet, um die directe Wärmeabgabe

an die Luft zu bewirken, weil dies am wirthschaftlichsten erschien. Nur ausnahmsweise sind Drähte auf Thon, Asbest oder dergleichen gewickelt worden. Ganz abweichend von dem bisher geübten Gebrauche sind nun die Carpenter'schen Emailrheostaten, welche in Amerika bereits vielfach in Gebrauch stehen, zusammengesetzt.

Dieselben zeichnen sich durch ausserordentlich compendiöse Anordnung, grösste Feuersicherheit und geringen Materialbedarf aus. Der Gedanke, dem wärmeausstrahlenden Drahte eine möglichst grosse aus-

Fig. 15.



strahlende Oberfläche zu geben, bildet die Grundidee, welche durch Einbetten des Drahtes in Email ihre praktische Ausführung fand. Das Email dient gleichzeitig als Isolirung zwischen den neben- und übereinander angeordneten Drähten und bildet mit denselben eine einheitliche Ausstrahlungsfläche. Die Drähte selbst sind durch den luftdichten Abschluss und die Festigkeit der Platte gegen rasche Zerstörung in Folge der hohen, häufig wechselnden Temperaturen geschützt und daher soll auch, nach amerikanischen Angaben, das Drahtmaterial in den Emailrheostaten ungefähr 10mal mehr beansprucht werden können, als bei Rheostaten mit directer Luftabkühlung. In Fig. 15 ist ein Emailrheostat für 5000 W und mehr dargestellt,

wie er z. B. zum Anlassen eines 5 Kilowatt-Motors bei voller Last und 200 V Spannung erforderlich ist.

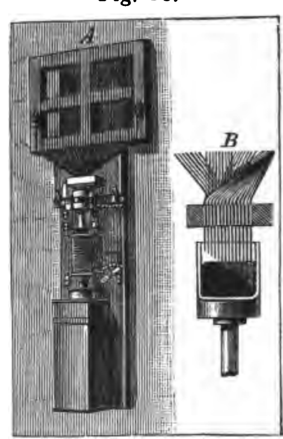
Um ein Bild der Grössenverhältnisse zu geben, dienen folgende Angaben Kallmann's. Ein Nickelindraht von 0·81 mm Durchmesser würde freigespannt mit nicht mehr als beiläufig 2·5 A beansprucht werden können, während derselbe im Emailrheostaten 25 A verträgt. Bei 200 V Spannung würde dies einen Widerstand von $\frac{200}{25} = 90$ erfordern, was einer Länge von 9 m entspricht. Dieser Nickelindraht von 9 m Länge und 0·81 mm Dicke ist auf eine quadratische Platte von 25 cm Seitenlänge aufgewunden, so dass er in einer Emailscheibe von $25 \times 25 = 625$ cm² eingebettet liegt. Diese Emailplatte, zusammen 1250 cm² Gesammtoberfläche genügt zur Abgabe der von 25 A $\times$ 200 V = 5000 W entwickelten Wärmemenge; man hat daher für 1000 W zu verzehrende Energie eine quadratische Platte von ungefähr 11 cm Seitenlänge, also $2 \times 11 \times 11 = 2 \times 121$ oder rund 250 cm² beiderseitiger Gesammtabkühlungsfläche zu rechnen.

Die Regulirung der Stromstärke, entsprechend den jeweiligen Anforderungen, kann aber auch selbstthätig bewerkstelligt werden und sind derartige automatische oder selbstthätige Regulatoren bereits in grösserer Anzahl und auf verschiedenen Principien beruhend gebaut worden. Man benützt z. B. Elektromagnete oder Solenoide mit Eisenkernen, welche die Ein- und Ausschaltung von Widerständen im Stromkreise der Elektromagnete oder auch im Lampenstromkreise besorgen, welche die Bürsten auf dem Stromsammler der Maschine zwischen ihren beiden Grenzstellungen (für das Maximum und Minimum der Stromleitung) hin- und herdrehen, welche direct auf den Motor, z. B. die Dampfmaschine einwirken, indem sie mit dem Regulator oder dem Drosselventil derselben entsprechend verbunden sind; auch ein von der Lichtmaschine in

Bewegung gesetzter Centrifugalregulator ist benützt worden, um an Stelle der Elektromagnete die Einschaltung von Widerständen zu besorgen, und endlich hat man auch Hilfsmaschinen, Transformatoren und Accumulatoren zur Stromregulirung herangezogen. Hiervon mögen nachstehend einige Beispiele angeführt werden.

Der Automatrheostat, Patent O. F. Bláthy, Fig. 16, enthält einen auf einem Rahmen angeordneten

Fig. 16.



Widerstand aus hintereinander geschalteten Drähten, deren aufeinander folgende Verbindungsstellen mit Stäbchen von stetig abnehmender Länge verbunden sind, welche in ein in verticaler Richtung bewegliches Gefäss tauchen. In dem Gefässe befindet sich Quecksilber, welches bei der höchsten Stellung des Gefässes alle Stäbchen leitend untereinander verbindet, bei der tiefsten Stellung hingegen frei lässt, während es in den Zwischenstellungen je nach der Höhe mehr oder weniger Stäbchen verbindet. Das Quecksilbergefäss sitzt

auf einem Rohre, welches durch eine Spule hindurch geht und am unteren Ende mit einem in einem Behälter befindlichen, unter Wasser tauchenden Schwimmer verbunden ist. Das Rohr enthält einen Eisenkern und ist, falls die Spule vom Strome durchflossen wird, der magnetischen Zugwirkung der letzteren ausgesetzt, so dass es sich unter dem Einflusse dieser Wirkung nach abwärts zu bewegen sucht, während der Auftrieb des Schwimmers in entgegengesetzter Richtung wirkt. Die Massen sind nun so ausbalancirt, dass sich der Eisenkern bei einer bestimmten Stromstärke in der Spule unter dem Einflusse aller auf ihn wirkenden Kräfte in jeder Lage im Gleichgewichte befindet und jeder Aenderung der Stromstärke in der Spule folgend, erst dann zur Ruhe kommt, wenn der normale Zustand hergestellt ist.

Die Anwendung des Regulators ergibt sich aus dem Gesagten von selbst. Der Rahmenwiderstand wird in die Magnetbewicklung der zu regulirenden Maschine, die Spule hingegen zwischen die Klemmen, zwischen welchen die constante Spannung erhalten werden soll, eingeschaltet. Sinkt z. B. die Spannung, so erhält die Spule weniger Strom, und die magnetische Zugwirkung der letzteren sinkt, so dass das Quecksilber in Folge des nun überwiegenden Auftriebes des Schwimmers steigt. Das Quecksilber schliesst hierbei den den eintauchenden Stäbchen entsprechenden Theil des Rahmenwiderstandes kurz, und der eingeschaltete Widerstand wird somit vermindert. Das Entgegengesetzte tritt bei einem Steigen der Spannung ein, und es wird demnach der Widerstand immer so lange verändert, bis der normale Zustand, d. h. die normale Spannung wieder hergestellt ist.

Der Bewicklung der Regulirspule wird noch ein Zusatzwiderstand vorgeschaltet, der zum Theile regulirbar ist, so dass man den Automaten genau auf eine bestimmte Spannung einstellen kann.

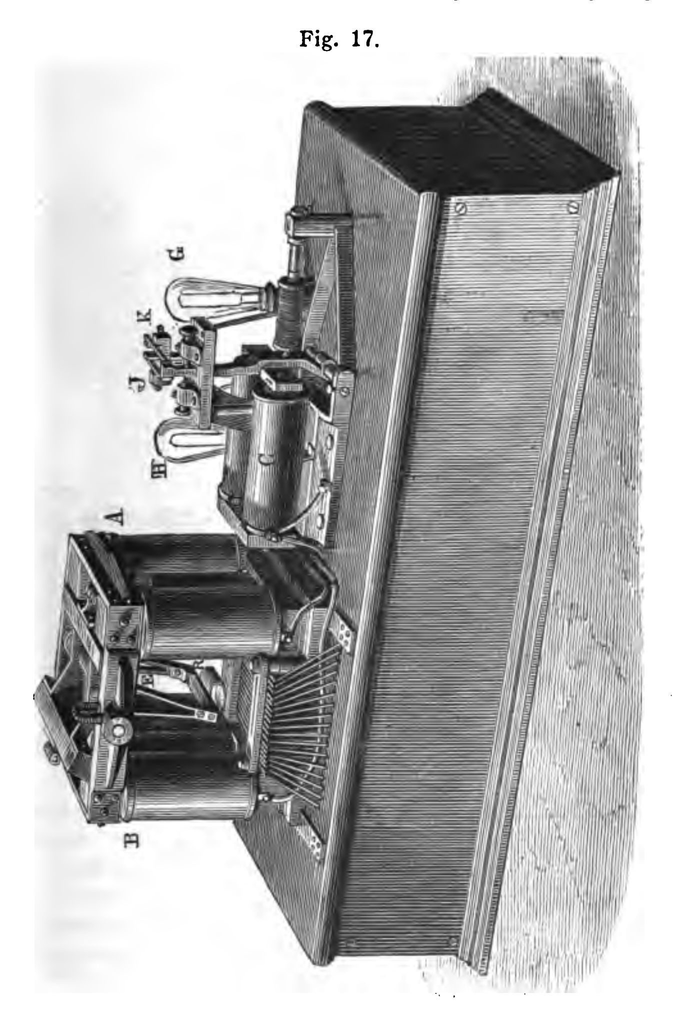
Die automatische Ein- und Ausschaltung von Widerständen wird auch häufig unter Vermittlung zweier Relais bewirkt, von welchen das eine ein einfaches ist, welches die Stromschwankungen gewissermassen anzeigt und das zweite Relais, als welches ein Doppelrelais verwendet wird, in Thätigkeit versetzt, während dieses Doppelrelais dann die Ein- und Ausschaltung von Widerständen entweder direct oder unter Vermittlung eines Zwischenmechanismus besorgt. Derartige Automaten wurden von Gravier, Lane-Fox, Edison, Brush, Schuckert, Thury u. A. construirt und durch dieselben die Stromregulirung durch Einschaltung von Widerständen in den Hauptstromkreis, oder in den die Magnete erregenden Stromkreis bewirkt.

Von den einander ziemlich ähnlichen Regulatoren, welche Edison, Lane-Fox und Thury construirten, möge zunächst Edison's automatischer Regulator beschrieben werden. Derselbe ist in Fig. 17 abgebildet. Er besteht aus dem Relais *C*, welches in eine Zweigleitung zum Arbeitsstromkreise eingeschaltet ist, und den Elektromagneten *A* und *B*, deren Anker an den Enden eines Wagbalkens befestigt sind. Der Ankerhebel des Elektromagnets *C* bewegt sich zwischen den beiden Contacten *J* und *K* und schaltet durch Berührung des einen oder anderen Contactes den Elektromagnet *A* oder *B* in den Stromkreis ein. Der Wagbalken, welcher die Anker dieser Magnete trägt, besitzt eine nach abwärts gerichtete Zunge *E*, deren Schleiffeder *R* über eine Reihe von Contactstreifen schleifen kann, welche der Reihe nach mit immer grösseren Widerständen in Verbindung stehen.

Die Wirkung des Apparates ist hiernach leicht einzusehen. Hat der Arbeitsstrom seine normale Stärke, so befindet sich der Ankerhebel des Magnetes *C* in der Mitte zwischen beiden Contactstiften, ohne den einen oder den anderen zu berühren; die Magnete A und *B* bleiben stromlos. Sinkt jedoch der Strom unter

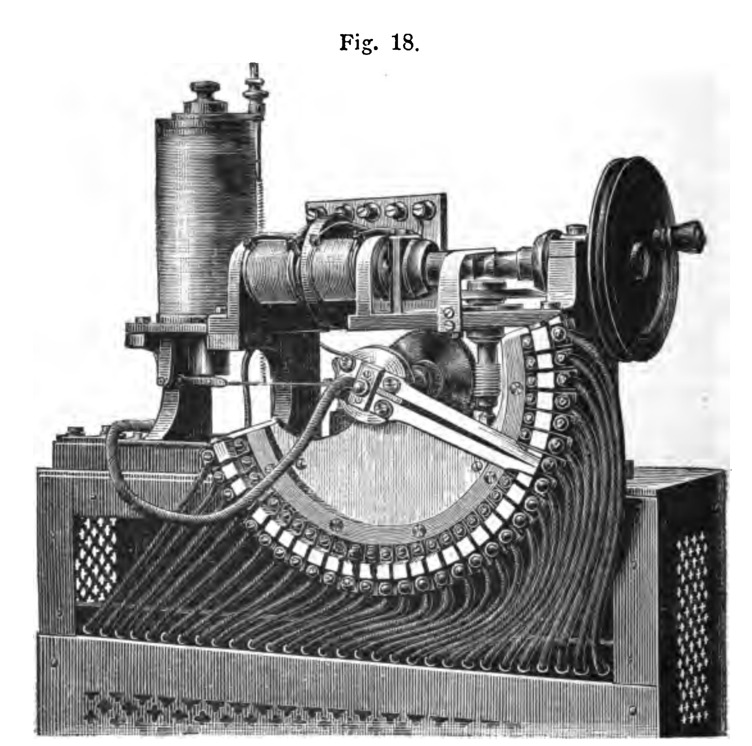
die gewünschte Stärke oder steigt er über dieselbe, so wird der Ankerhebel vom Elektromagnete C abgezogen

Fig. 17.



und schliesst den Contact *K* oder wird umgekehrt vom Magnete *C* kräftiger angezogen und schliesst den Contact *J*. In dem einen wie im anderen Falle wird hier-

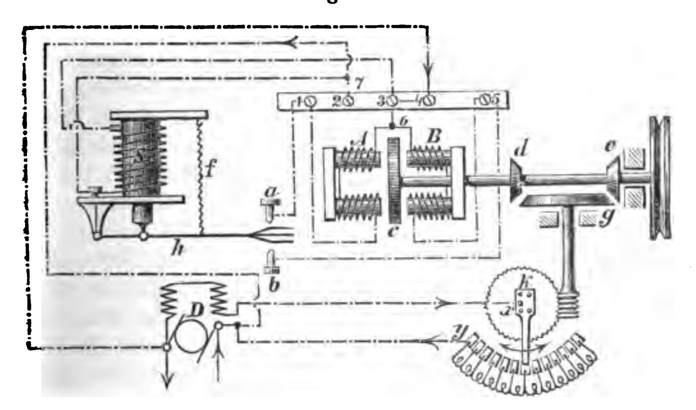
Fig. 18.



durch einer der Magnete *A* oder *B* mit seinen Drahtwindungen in den Stromkreis eingeschaltet und dadurch der Wagbalken in der einen oder anderen Richtung gedreht. Die Feder *R* muss dann immer grössere Widerstände in den Stromkreis der erregenden Elektromagnete der Maschine einschalten, bis wieder die normale Stromstärke hergestellt ist.

Um die Bewegung der Schleiffeder *R* in der einen oder anderen Richtung deutlich sichtbar zu machen, sind noch die beiden Lampen *G* und *H* am Apparate angebracht, deren eine blaues, die andere rothes Glas besitzt. Der Ankerhebel des Magnetes *C* bewirkt dann gleichzeitig mit der Herstellung des einen oder anderen Contactes auch die Einschaltung der rothen oder blauen Lampe in den Stromkreis.

Fig. 19.



Eine Ansicht des von Thury construirten Automaten, welcher von der Berliner Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft benützt wird, ist in Fig. 18 dargestellt, die Schaltung lässt Fig. 19 erkennen. *S* ist ein Solenoid, dessen beweglicher Eisenkern den Contacthebel *h* trägt, welcher zwischen den Contactschrauben *a* und *b* schwingt; zur Regulirung seines Spieles dient die Feder *f*. Durch dieses Relais wird das Doppelrelais *A B* bethätigt, dessen gemeinschaftlichen Anker *c* eine Scheibe aus weichem Eisen bildet. Derselbe sitzt auf einer horizontalen Achse und wird mit dieser durch eine Rolle sammt Schnurlauf durch irgend ein Lauf-

werk oder dergleichen in Umdrehung versetzt. Auf derselben Achse sind auch die beiden conischen Frictionsscheiben *d e* befestigt, welche die horizontale Frictionsscheibe *g* in der einen oder der entgegengesetzten Richtung in Umdrehung versetzen, wenn sie durch Verschiebung der horizontalen Welle in Folge der Anziehung des Ankers *c* durch den Magnet *A* oder *B* mit der Scheibe *g* in Berührung kommen. Das mit dieser verbundene Schneckenrad bewirkt dann die Drehung des Contacthebels *k*, welcher die Ein- und Ausschaltung der Widerstände besorgt. Der Automat ist zur Regulirung des Widerstandes im magnetisirenden Stromkreise bestimmt und daher in Nebenschluss zur Dynamomaschine *D* geschaltet. Das Spiel des Apparates ist ohneweiters verständlich. Da das Relais *S h* so regulirt wird, dass der Hebel *h* inmitten der Contactschrauben *a b* schwebt, so lange die Stromstärke normal ist, so schliesst er, wenn der Strom zu stark wird, den Localstromkreis über *a A*, wenn die Stromstärke zu gering wird, den Localstromkreis *b B* und veranlasst dadurch die Bewegung des Ankers *c* nach der einen oder anderen Seite. Dementsprechend wird dann die Frictionsscheibe *d* oder *e* in Umdrehung versetzt und daher auch Widerstand ein- oder ausgeschaltet werden.

2. Directe Stromvertheilung.

Um jene Regulirungsmethoden, welche sich der Vermittlung von Ausgleichmaschinen, Accumulatoren oder Transformatoren bedienen, leichter beurtheilen zu können, möge der Beschreibung derselben eine Erläuterung der Vertheilung elektrischer Energie oder der sogenannten Stromvertheilung vorhergehen, da diese mit jenen Methoden innig verbunden ist. Im Allgemeinen kann man in Bezug auf die Art der Stromvertheilung in sehr verschiedener Weise unterscheiden,

indem man die Form der Energie (Wechsel- und Gleichstrom), die Schaltung im Hauptstromkreise (Parallel- und Serienschaltung) oder auch die Art der Uebermittlung elektrischer Energie von den Erzeugern an die Empfänger zu Grunde legt. Aus praktischen Gründen wollen wir die Arten der Stromvertheilung zunächst in directe und in indirecte Stromvertheilung unterscheiden, wobei wir unter ersterer jene Methoden begreifen, bei welchen die Stromerzeuger mit den Stromempfängern direct verbunden werden, zu den letzteren Arten aber jene rechnen, bei welchen sowohl die Erzeuger als auch die Empfänger in eigenen in sich geschlcssenen Stromkreisen liegen oder besondere Zwischenapparate (Accumulatoren oder Transformatoren), die gleichzeitig den beiderseitigen Stromkreisen angehören, die Vermittlung der elektrischen Energie besorgen.

Die einfachste Art einer directen Vertheilung elektrischer Energie wird durch die bereits mehrfach erwähnte Reihen- oder Serienschaltung erreicht. Da in einem derartigen unverzweigten Stromkreise die Stromstärke an allen Stellen dieselbe ist, so können nur solche Lampen eingeschaltet werden, welche eine bestimmte Stromstärke erfordern, die auch während des Betriebes constant zu erhalten ist, während die Spannung eine nach Massgabe der eingeschalteten Apparate wechselnde ist. Der ungestörte Betrieb einer Anlage mit Reihenschaltung erfordert Einrichtungen, welche hintanhalten, dass der Stromkreis unterbrochen wird, wenn Lampen abgestellt werden oder versagen. Dieser Forderung wird am einfachsten in der Weise entsprochen, dass an Stelle der aus irgend einem Grunde unthätigen Lampe selbstthätig ein entsprechender Widerstand sich einschaltet, wobei aber nicht übersehen werden darf, dass die in diesem Widerstande verzehrte Energie verloren geht. Tritt jedoch an Stelle der ausgeschalteten Lampe ein einfacher Kurzschluss,

so muss die Spannung des Stromes dementsprechend nachregulirt werden. Diese Schaltung besitzt verschiedene Nachtheile. So ist zunächst ihre Betriebssicherheit eine geringe, da das Versagen irgend einer der erwähnten Um- oder Ausschaltevorrichtungen die Unterbrechung des gemeinschaftlichen Stromkreises und somit des ganzen Betriebes zur Folge hat; ebenso würde die Beschädigung der Zuleitung des Stromes bei irgend einem Abnehmer die Unterbrechung des Stromes für alle übrigen Abnehmer herbeiführen können. Ferner wickelt sich auch der Betrieb nicht sehr glatt ab, da es Schwierigkeiten verursacht, bei wechselndem Energieverbrauche constante Stromstärke zu halten und auch das Zu- und Abschalten der Maschinen leicht zu Stromschwankungen führen kann.

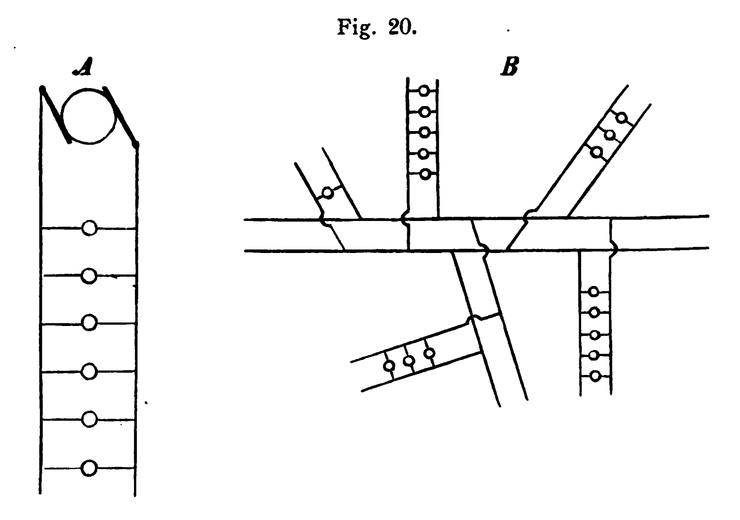
Diese Art der Stromvertheilung findet daher auch nur beschränkte Anwendung. Sie ist im Allgemeinen dann am Platze, wenn ganze Gruppen von Lampen stets gleichzeitig in und ausser Thätigkeit gesetzt werden sollen. Es wird dies also zumeist für Aussenbeleuchtung also z. B. für Verkehrsstrassen aller Art, Verladeplätze, Werkplätze u. s. w. zutreffen. Die Sicherheit der Beleuchtung kann hierbei in der Weise erhöht werden, dass man zwei oder mehrere selbständige Stromkreise anordnet und die nebeneinander befindlichen Lampen alternirend in diese Stromkreise einschaltet. Die Serienschaltung findet zumeist für Bogenlampen, seltener für Glühlampen Anwendung und werden im ersteren Falle immer Differentiallampen benützt.

Einer ganz allgemeinen Anwendung ist jedoch die Vertheilung der elektrischen Energie unter Anwendung der Parallelschaltung fähig, da durch diese eine vollkommene Unabhängigkeit der Energie verbrauchenden Apparate von einander erreicht wird. Es erfolgt daher auch die Energievertheilung bei allen grösseren Elektricitätswerken unter Anwendung der

Parallelschaltung. Hierbei arbeiten alle Energie verbrauchenden Apparate unter gleicher Spannung, die daher auch im ganzen Leitungsnetze zu erhalten ist, während die Stromstärke dem jeweiligen Verbrauche entsprechend regulirt werden muss. Die einfachste Form der Parallelschaltung ist durch Fig. 20 *A* dargestellt, während Fig. 20*B* eine mehrfach verzweigte Leitung unter Anwendung der Parallelschaltung zeigt. In beiden Fällen wird die elektrische Energie den Lampen durch zwei Leitungen zugeführt, weshalb man auch diese Art der Energievertheilung das Zweileitersystem nennt. Dieses ist zwar sehr einfach und übersichtlich, leidet aber an dem Uebelstande, dass es nur auf geringe Entfernung hin die Vertheilung der elektrischen Energie ermöglicht. Infolge des sogenannten Spannungsverlustes, welcher in der Leitung unvermeidlich eintritt, wird den Lampen eine im selben Masse geringere Menge elektrischer Energie zugeführt, als ihre Entfernung vom Stromerzeuger grösser wird. Wenn nämlich die Entfernung der Lampen von der Stromquelle keine so geringe ist, dass die Länge der verbindenden Leitung ausser Acht gelassen werden kann, so besteht zwischen den Enden der Leitung und den Klemmen der Elektricitätsquelle eine Spannungsdifferenz, welche gleich ist dem Producte aus der Leitungslänge in die Stromstärke und dieses Product, in Volt ausgedrückt, nennt man den Spannungsverlust. Da nun der Widerstand dem Leitungsquerschnitte umgekehrt proportional ist, so kann dieser Spannungsverlust allerdings verringert werden, indem man den Querschnitt der Leitung vergrössert, doch kann man hiermit nicht über eine bestimmte Grenze gehen, weil sonst der hohen Kosten wegen ein unwirthschaftlicher Betrieb sich ergeben würde. Um innerhalb eines derartig begrenzten Gebietes eine gleichartige Vertheilung der Energie, also ein möglichst gleichförmiges Licht für alle Lampen zu erhalten, hat man die Leitungen

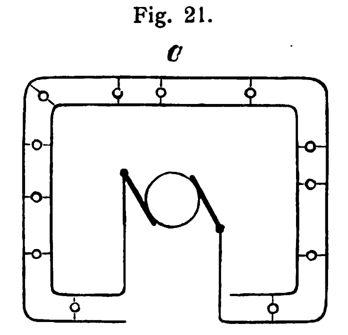
des Zweileitersystems in verschiedene Anordnung zu einander gebracht. Eine derartige Anordnung zeigt Fig. 21; wie ein Blick auf dieselbe lehrt, sind hierbei

Fig. 20.



die Leitungen in der Weise zu den Lampen geführt, dass für alle Lampen eine und dieselbe Leitungslänge

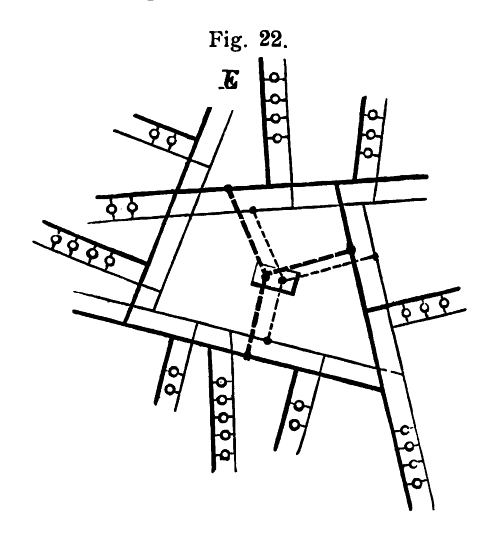
Fig. 21.



entfällt, so dass also der Spannungsverlust auf alle Lampen gleichmässig vertheilt wird.

Aus demselben Grunde, also um kleinere Spannungsdifferenzen auszugleichen, verbindet man auch verschiedene Stromkreise oder Stromzweige an jenen Stellen, an welchen sie einander nahe kommen, unter einander durch eigene Leitungen, sogenannte Ausgleichsleitungen. Letztere erhöhen überdies auch noch die Betriebssicherheit, da bei einem Versagen der Hauptleitungen das zugehörige Consumgebiet nicht stromlos wird, sondern durch Vermittlung der Ausgleichsleitungen Strom erhält.

Fig. 22.



Um mit dem Zweileitersystem grössere Gebiete beherrschen zu können, hat man das gesammte Leitungsnetz in zwei Gruppen getheilt, deren eine Gruppe von den Speiseleitungen (feeders) und deren andere von den eigentlichen Vertheilungsleitungen gebildet ist. Bei diesem Systeme, Fig. 22, entfällt die

Nothwendigkeit, den Stromerzeuger auf jener Spannung zu erhalten, welche die Stromempfänger erfordern; diese Spannung ist nur an den Hauptvertheilungspunkten, d. h. an jenen Stellen, an welchen sich die (punktirt gezeichneten) Speiseleitungen an die Vertheilungsleitungen anschliessen, zu erhalten. Man kann hierbei die einzelnen Lampenkreise sowohl direct von diesen Hauptvertheilungspunkten ausgehen lassen als auch, wie in der Figur dargestellt, zunächst die Hauptvertheilungspunkte untereinander durch eine in sich geschlossene Leitung, eine sogenannte Ringleitung verbinden und erst von dieser die einzelnen Lampenkreise abzweigen.

Um von der an den Vertheilungspunkten oder in der Ringleitung herrschenden Spannung an der Stromerzeugungsstelle stets in Kenntniss zu sein, führt man von den betreffenden Punkten Prüfdrähte in die Centrale und verbindet dieselben daselbst mit einem Spannungsmesser. Diese Prüfdrähte sind gewöhnlich schon, von den eigentlichen Leitungsdrähten isolirt, im Starkstromkabel untergebracht. Den Angaben des Spannungsmessers entsprechend, wird dann die Regulirung durch die Hand oder automatisch durchgeführt. Da nun in den Speiseleitungen ein erheblich grösserer Spannungsverlust zulässig ist, als ihn der Betrieb der Lampen in den Vertheilungsleitungen gestattet, so kann man einen höher gespannten Strom erzeugen, für die Speiseleitungen entsprechend geringere Querschnitte anwenden, und somit auch auf weitere Entfernungen gehen, ohne hierdurch die Leitungskosten unwirthschaftlich zu erhöhen.

Wenn überhaupt im Betriebe von Starkstromanlagen das Bestreben zu Tage tritt, womöglich mit Strömen hoher Spannung zu arbeiten, so findet dies darin seine Begründung, dass mit solchen gegenüber jenen niedriger Spannung bessere wirthschaftliche Resultate erzielt werden. Herrscht in einem gegebenen

Stromkreise vom Widerstande R die Stromstärke J bei einer Spannung E, so ist die in der Zeiteinheit geleistete Stromarbeit W gleich dem Producte: Stromstärke mal Spannung oder EJ. Die Grösse der Arbeitsleistung ist also durch das angegebene Product bestimmt und es ist daher, wenn nur dieses unverändert bleibt, ganz einerlei, welche Grössen die beiden Factoren annehmen. Für einen Strom, dessen Stärke z. B. nur den n-ten Theil $\left(\frac{J}{n}\right)$ beträgt, und dessen Spannung aber n-mal so gross ist $(n\,E)$, ist die Arbeitsleistung $\left(\frac{J}{n} \cdot n\,E\right)$ wieder gleich EJ. Während also die gesammte Arbeitsleistung von der relativen Grösse dieser Factoren unabhängig ist, wird die nutzbare Arbeit hierdurch wesentlich beinflusst, wie aus Nachstehendem leicht ersehen werden kann. Wir erhalten nämlich in unserem Stromkreise für den Spannungsverlust v den Ausdruck

$$v = J \,.\, W$$

und für den Verlust c durch Umsetzung elektrischer Energie in Wärme

$$c = J^2\,W.$$

Für die Leitung derselben Menge elektrischer Energie bei n-facher Spannung und dementsprechend dem n-ten Theile der Stromstärke erhält man nun aber für den Spannungsverlust

$$v_1 = \frac{J}{n}\,W = \frac{v}{n}$$

und für den Wärmeverlust

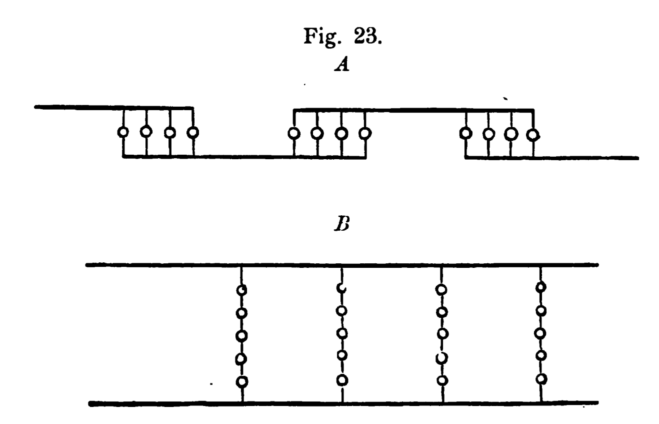
$$c_1 = \frac{J^2}{n^2}\,W = \frac{c}{n^2},$$

d. h. für die n-fache Stromspannung sinkt der Spannungsverlust auf den n ten und der Wärmeverlust auf den n^2-ten Theil. Gestattet man jedoch für beide Fälle denselben Spannungsverlust, dann kann die Leitung einen

grösseren Widerstand besitzen; man kann also der Leitung eine grössere Länge geben, also die Vertheilung der elektrischen Energie auf ein grösseres Gebiet ausdehnen, beziehungsweise die elektrische Energie auf eine grössere Entfernung hin übertragen, oder wo dies nicht erforderlich ist, durch einen geringeren Leitungsquerschnitt an Kupfer sparen.

Besonders vortheilhaft erweist sich die Anwendung hoher Spannungen bei den weiter unten zu bespre-

Fig. 23.



chenden indirecten Methoden zur Vertheilung elektrischer Energie. Bei directer Vertheilung unter Anwendung der Parallelschaltung muss auf den Umstand Rücksicht genommen werden, dass unsere Glühlampen, gewöhnlich nur mit verhältnissmässig niederer Spannung betrieben werden können. Immerhin gelangt aber auch hierbei eine höhere Spannung, als die Verbrauchsapparate selbst erfordern, vortheilhaft zur Anwendung. Eine derartige Vertheilung ist z. B. durch Fig. 23 *A* und *B* dargestellt, in welcher einerseits parallel geschaltete Lampengruppen hintereinander und anderseits hintereinander geschaltete Lampengruppen parallel

geschaltet sind. Während bei der reinen Parallelschaltung die Stromstärke der Gesammtzahl aller Lampen entsprechen muss, erfordert die in Fig. 23 *A* dargestellte Schaltung nur eine Stromstärke, welche der Lampenzahl einer Gruppe entspricht. Die Spannung muss hingegen der Summe der Gruppenspannungen vermehrt um das Spannungsgefälle in der Leitung entsprechen.

Da man also bei dieser Art der Energievertheilung mit hoher Spannung, aber geringer Stromstärke arbeiten kann, so bedarf man auch nur verhältnissmässig geringer Leitungsquerschnitte und hat daher auch dementsprechend geringe Kosten für die Leitungsanlage. Diese Methode leidet jedoch an dem Uebelstande, dass die Lampen nicht mehr unabhängig sind wie bei der reinen Parallelschaltung. Das Auslöschen oder Versagen einer Lampe beeinflusst auch die übrigen und daher muss für jede solche Lampe ein Ersatzwiderstand eingeschaltet werden. Aus diesem Grunde kann diese gemischte Schaltung nur ganz beschränkte Anwendung finden. Dasselbe gilt auch von der in Fig. 23 dargestellten Parallelschaltung von Lampenserien. Hierbei hat die Stromstärke der Anzahl der parallel geschalteten Serien und die Spannung der Anzahl der in einer Serie hintereinander geschalteten Lampen zu entsprechen.

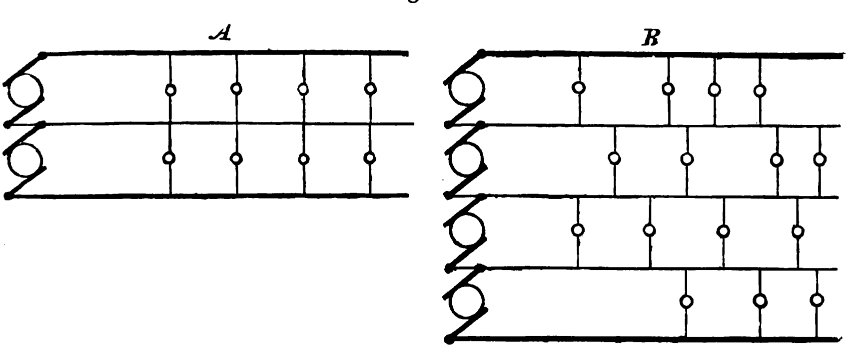
Weitaus wichtiger als die eben angeführten Vertheilungsmethoden sind jene, welche auf der Anwendung der Mehrleitersysteme beruhen. Derselben bedienen sich ganz allgemein alle Centralen, welche innerhalb ihres Stromconsumgebietes liegen. Beginnen wir mit dem Dreileitersystem; in Fig. 24 *A* sind zwei Maschinen, von welchen jede mit der für die gebräuchlichen Glühlampen entsprechenden Spannung arbeitet, hintereinander geschaltet und mit drei Leitungen derart verbunden, dass die äusseren Leitungen je einer der beiden Maschinen zugehören, die mittlere aber für beide

gemeinsam ist. Die Lampen werden zwischen dem Mittelleiter und je einem der Aussenleiter geschaltet und erhalten daher einfache Lampenspannung, während zwischen den beiden Aussenleitern die doppelte Lampenspannung herrscht. Ist der Stromverbrauch in beiden Lampengruppen derselbe oder sind beide Stromkreise gleich belastet, so wird der Mittelleiter nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise von zwei Strömen entgegengesetzter Richtung durchflossen, da die beiden Maschinen mit entgegengesetzten Polen an denselben gelegt sind, und ist, weil diese Ströme auch gleiche Stärke besitzen, stromlos. Der Mittelleiter kann in diesem Falle beliebig unterbrochen oder ganz beseitigt werden, ohne den Betrieb irgendwie zu stören. Würde hingegen in der einen Gruppe gar keine Lampe brennen und daher die dazu gehörige Maschine leer laufen, die andere Gruppe aber voll belastet sein, so würde den Mittelleiter ein Strom von der vollen Stärke der betreffenden Maschine durchlaufen. Sind beide Lampengruppen belastet, aber in ungleichem Grade, so geht durch den Mittelleiter ein Strom, dessen Stärke dem Unterschiede der Stromstärken beider Maschinen entspricht. Um für beide Gruppen stets eine ziemlich gleich starke Belastung zu erhalten, muss man gleich beim Entwurfe des Leitungsnetzes eine derartige Abtheilung sämmtlicher Lampen in zwei Gruppen bewirken; zuweilen erreicht man dies auch dadurch, dass man für die Möglichkeit sorgt, bei starker Ueberlastung eines Stromkreises Lampengruppen aus diesen in den anderen Kreis umschalten zu können. Der Gewinn, der mit dem Dreileitersystem gegenüber dem Zweileitersystem erzielt wird, ist ein wesentlicher. Da nämlich die Stromstärke bei ersterem nur halb so gross und die Spannung doppelt so gross ist als bei letzterem, so brauchen die Querschnitte der Aussenleitungen beim Dreileitersystem nur ein Viertel der Leitungsquerschnitte des Zweileitersystemes zu betragen. Dazu kommt dann allerdings

noch der Mittelleiter, dessen Querschnitt dem muthmasslich grössten Belastungsunterschiede beider Leitungshälften entsprechen muss.

Indem man unter Beibehaltung der eben angegebenen Verbindungsweise der Maschinen und Leitungen weiterschreitet und drei, vier und mehr Maschinen hintereinander schaltet, kann man zu Betriebsspannungen gelangen, die das Drei-, Vier- und Mehrfache der Verbrauchsspannung ausmachen. Eine sche-

Fig. 24.



matische Darstellung des Fünfleitersystems ist z. B. in Fig. 24 *B* dargestellt. Bei diesem herrscht in den beiden Aussenleitern die vierfache Gebrauchsspannung, da vier Maschinen mit je einfacher Gebrauchsspannung hintereinandergeschaltet werden, während zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Leitungen nur die einfache Gebrauchsspannung herrscht. Die Leitungsquerschnitte für die beiden Aussenleiter betragen nur $^1/_{16}$ der Leitungsquerschnitte beim Zweileitersystem; die Leitungsquerschnitte der drei Mittelleiter sind wieder nach den grössten Belastungsunterschieden zu bemessen, die

voraussichtlich zwischen den einzelnen Gruppen auftreten können.

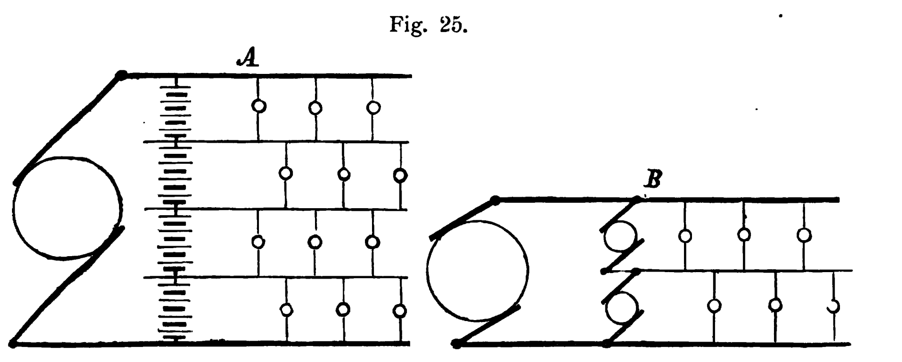
Den Vortheilen, welche die Drei- und Mehrleitersysteme gegenüber den Zweileitersystemen besitzen, stehen jedoch auch Nachtheile gegenüber. An Stelle einer grossen Maschine beim Zweileitersystem erfordern die Mehrleitersysteme eine entsprechende Anzahl kleinerer Maschinen, die mit etwas geringerem Nutzeffecte arbeiten, während gleichzeitig auch die Anlagekosten vermehrt und der Betrieb complicirt wird. Diese Uebelstände nehmen natürlich mit der Zahl der hintereinander geschalteten Systeme oder parallel laufenden Leitungen zu und ist z. B. beim Fünfleitersystem die Vertheilung der Lampen in vier Gruppen und die Regulirung derselben schon recht umständlich.

Unabhängig von der Wahl des Leitersystemes, kann man aber auch dadurch den Vortheil eines Betriebes mit höher gespannten Strömen erlangen, dass man für Lampen sorgt, welche für höhere Stromspannungen geeignet sind. Die bisher fast ausschliesslich übliche Betriebsspannung für Glühlampen beträgt 100 bis 110 V, und Bogenlampen müssen in den betreffenden Vertheilungsleitungen zu je zwei hintereinandergeschaltet werden; die Einschaltung einer einzelnen Bogenlampe ist nur möglich, wenn mit derselben ein Widerstand in Serie geschaltet wird, der ebensoviel elektrische Energie nutzlos verzehrt, als eine Bogenlampe erfordert. In jüngster Zeit ist man jedoch — und wie es nach englischen Berichten wenigstens den Anschein hat — bereits mit praktischem Erfolge zur Erzeugung und Anwendung sogenannter hochvoltiger Glühlampen, d. h. Glühlampen für 200—230 V übergegangen.

Die Ueberlegenheit solcher hochvoltiger Lampen gegenüber den jetzt gebräuchlichen, zeigt sich sofort, wenn man die Consumgebiete vergleicht, welche in dem einen und in dem anderen Falle von einer Centrale aus mit Strom versorgt werden können. Barnard

nimmt für das Dreileitersystem bei 110 V Lampenspannung ein Versorgungsgebiet von ungefähr $2^{1}/_{2}$ km² an. Für dasselbe Leitungssystem und die doppelte Spannung hält Addenbrovke ein Versorgungsgebiet von etwa 10 km² für wirthschaftlich. In Bradford, wo die Lampenspannung 230 V beträgt, ist diese Grenze bereits überschritten, indem sich daselbst das Versorgungsgebiet auf 22 km² erstreckt. Für den gleichzeitigen Betrieb von Bogenlampen wirkt die Erhöhung der Betriebsspannung allerdings ungünstig, da nunmehr

Fig. 25.



je vier Bogenlampen hintereinander geschaltet werden müssen.

Gegen die Anwendung einer höheren Lampenspannung könnte eingewendet werden, dass die Installationen in den Häusern für diese höhere Spannung nicht geeignet seien. Dieser Einwand ist jedoch, allerdings eine sorgfältige Ausführung der Installation vorausgesetzt, hinfällig und Barnard hält sogar die höhere Spannung in der Hinsicht, dass dieselbe eine geringere Stromstärke bedingt, vielfach für vortheilhafter, weil hierdurch die Erwärmung von Contacten bei Schaltern u. dgl. verringert wird. Noch weniger von

Belang ist eine durch die höhere Spannung vielleicht bewirkte geringfügige Verminderung der Feuersicherheit, da bezüglich der letzteren das elektrische Licht den anderen allgemein gebräuchlichen Beleuchtungsarten ohnehin weit überlegen ist. Nach Stern steht nämlich die Gefahr bei elektrischer, Gas- und Petroleumbeleuchtung etwa in dem Verhältniss von 1:10:40. Gegenüber den Lampen von hohem Wirkungsgrade oder den sogenannten $2^1/_2$ Wattlampen ist der Energieverbrauch für die hochvoltigen Lampen allerdings etwas grösser, indem die achtkerzige Lampe für 200 V ungefähr 3·7 W und die 10- oder 16kerzige Lampe circa 3·2 beziehungsweise 3 W pro Kerze verbraucht. Hingegen besitzt aber die Lampe von hohem Wirkungsgrade eine geringere Lebensdauer als die Lampe mit geringerem Wirkungsgrade und erfordert daher ein häufigeres Austauschen der Lampen, was das Publicum weniger gern hinnimmt, wie den etwas grösseren Energieverbrauch.

Thatsächlich beginnen die Londoner Elektricitätsgesellschaften bereits von dem gegenwärtig üblichen Betriebe allmählich zum Betriebe mit hochvoltigen Lampen überzugehen. Auch andere Städte Englands und seiner Colonien führten die höhere Lampenspannung ein, so z. B. Edinburg, Birkenheard, Chester, Guildford und Coolgardie in West-Australien.

Als Nachtheil der Mehrleitersysteme im Vergleiche zu dem Zweileitersystem wurde auch angegeben, dass die ersteren eine entsprechende Anzahl kleinerer Maschinen erfordern, die mit etwas geringerem Nutzeffect arbeiten als die grösseren Maschinen im Zweileitersysteme. Diesen Nachtheil kann man jedoch vermindern, indem man statt der einzelnen mit der einfachen Lampenspannung arbeitenden Maschinen solche Maschinen mit den Aussenleitungen verbindet, welche die volle Betriebsstärke liefern, während man den Ausgleich zwischen den einzelnen Lampengruppen durch

Ausgleichmaschinen oder durch Accumulatoren besorgt, wie dies in Fig. 25 *A* und *B* skizzirt ist.

3. Indirecte Stromvertheilung.

Die Anwendung der Accumulatoren stellt bereits, wenigstens theilweise, eine Art der indirecten Energievertheilung dar, während die zweite Art durch Vermittlung der Transformatoren erfolgt. Die Anwendung der Accumulatoren ist gleichzeitig auch als eine Art Stromregulirung aufzufassen, die besondere Vortheile gewährt und daher täglich wachsende Bedeutung erlangt. Als solche Vortheile sind namentlich zu erwähnen, dass die Regulatoraccumulatoren keine elektrische Energie nutzlos verzehren wie die Regulirwiderstände, dass durch die Accumulatoren ein sehr gleichmässiger Betrieb, also z. B. auch ein vollkommen ruhiges Brennen der Lampen leicht zu erreichen ist, dass mit ihrer Hilfe eine Reserve geschaffen werden kann, welche gegenüber der Maschinenreserve unter Anderem auch die Vortheile hat, dass sie stets momentan zur Verfügung steht und ausnahmsweise selbst sehr bedeutende Beanspruchung über ihre normale Leistungsfähigkeit, ohne Schaden zu nehmen, verträgt.

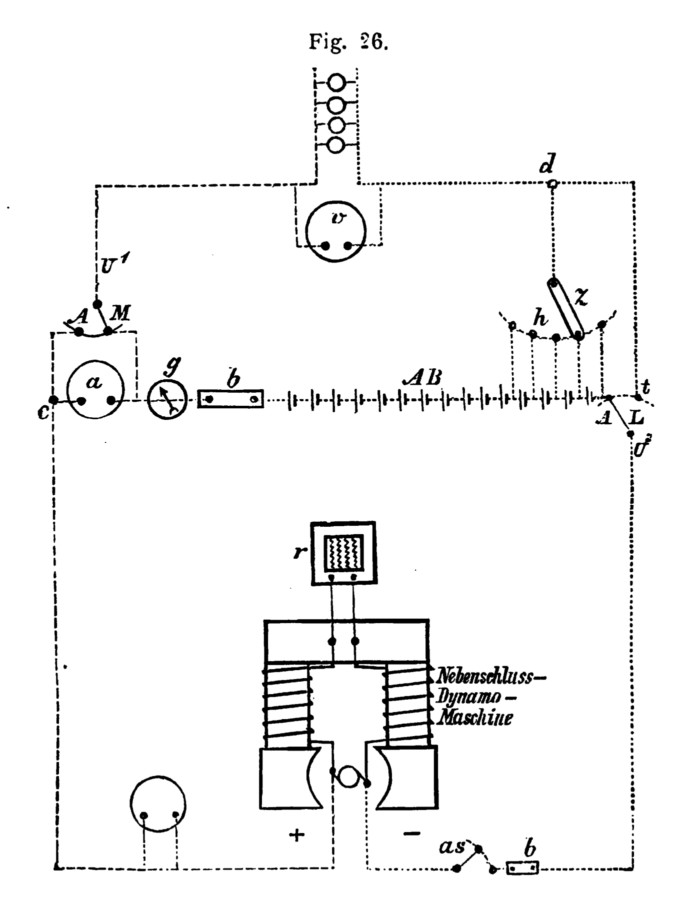
Da die Accumulatoren in sehr verschiedener Art verwendet werden, nämlich als Regulatoren für den Maschinenstrom, als Ersatz für den Maschinenstrom, als Ergänzung des Maschinenstromes, als Reserve u. s. w., so ist natürlich auch die Art, in welcher sie mit den Maschinen und Leitungen verbunden werden, eine verschiedene. In jedem Falle müssen aber die Accumulatorenstromkreise mit einem Volt- und Ampèremeter versehen sein, da ihr Betrieb mit bestimmter Stromstärke und Stromspannung erfolgen soll; gegen zu starken Strom müssen Bleisicherungen und gegen Schwankungen in der Tourenzahl der Maschine automatische Ausschalter angebracht werden. Da ferner

die Spannung der Accumulatoren beim Laden steigt, beim Entladen fällt, so müssen für den Fall, als Lampen gleichzeitig brennen sollen, Zellenschalter zur Anwendung gelangen, welche durch Ab-, beziehungsweise Zuschalten von Zellen die Spannung constant erhalten. Zu was immer für einem der oben angegebenen Zwecke die Accumulatoren Verwendung finden sollen, müssen dieselben immer in Parallelschaltung zu den Maschinen und Lampen gebracht werden. Am zweckmässigsten benützt man hierzu eine Nebenschlussmaschine, deren Spannung hinreichend hoch ist, um die Accumulatoren in Hintereinanderschaltung laden zu können, weil hierdurch das Umschalten der Accumulatoren für die Entladung entfällt.

In Fig. 26 ist die Schaltung einer Accumulatorenbatterie *A B* mit einer Nebenschlussmaschine und dem Regulirwiderstande *r* derselben dargestellt, wobei die Lampen auch während des Ladens der Accumulatoren brennen können. Mit *a s* ist der automatische Ausschalter bezeichnet, *b* sind Bleisicherungen, *v* ist ein Voltmeter, *a* ein Ampèremeter, *Z* der Zellenschalter und U_1 und U_2 sind Umschalter. Liegt der Hebel *L* des Umschalters an *A*, so ist die Batterie zum Laden eingeschaltet, liegt er an *t*, so wird die Batterie entladen. *L* darf nie gleichzeitig *A* und *t* berühren, weil hierdurch die Zellen, welche zwischen *Z* und *A* liegen, kurz geschlossen würden. Je nachdem der Umschalter U_1 auf *M* oder *A* gestellt wird, geht der Maschinenstrom oder Strom aus den Accumulatoren durch das Ampèremeter; dieser Umschalter kann wegfallen, wenn man ein zweites Ampèremeter zwischen der Maschine und dem Punkte *c* einschaltet, wie dies in der Figur links unten punktirt angedeutet ist. Hiernach ist bei der Ladung der Stromgang folgender: Vom +-Pol der Maschine nach *c*, wo sich der Strom in zwei Zweige theilt, deren einer über den Stromrichtungszeiger *g*, die Bleisicherung *b* und die Accumulatorenbatterie nach U_2 geht, während der

andere durch den Verbrauchsstromkreis (z. B. Lampenkreis) nach *d* und über den Zellenschalter *Z* nach U_2

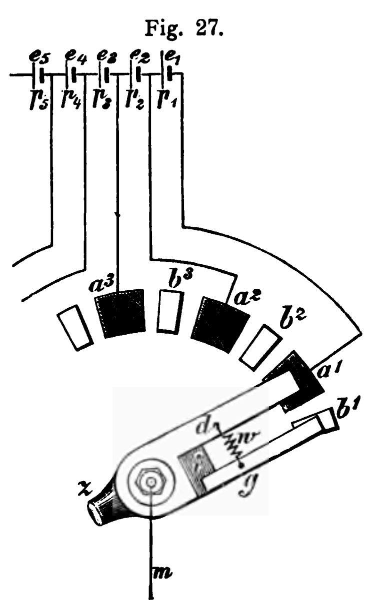
Fig. 26.



fliesst, von wo aus beide Zweigströme wieder vereint über die Bleisicherung *b* und den automatischen Ausschalter *a s* zur —-Klemme der Maschine zurückkehren.

Soll aber die Batterie entladen werden, so wird der Umschalter U_2 auf t umgelegt und dann vereinigt sich der Batteriestrom mit dem Maschinenstrome beim Umschalter U_1, um gemeinsam in die Speiseleitungen zu fliessen, aus welchen er über d und Z zur Batterie und über $d\ t\ b\ as$ zur Maschine zurückkehrt.

Fig. 27.

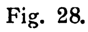


Der Erläuterung anderer Schaltungsweisen möge eine Schilderung der Zellenschalter vorhergehen. Man unterscheidet dieselben in Einfach- und Doppelzellenschalter, deren beide wieder sowohl von der Hand stellbar als auch selbstthätig sein können. Der Einfachzellenschalter besteht aus einer Reihe von Metallcontacten h, welche gewöhnlich kreisförmig angeordnet und in der dargestellten Weise mit den Schaltzellen verbunden sind. Ueber die Contacte kann ein Gleithebel Z verschoben werden, was, wie leicht ersichtlich, das Ausschalten einer grösseren oder geringeren Anzahl von Zellen bewirkt. Ein Einfachzellenschalter, wie ihn die Tudor-Accumulatorenfabriken gebrauchen, ist in Fig. 27 skizzirt. Der Hebel z steht durch m mit der Stromrückleitung von den Lampen in Verbindung und schleift auf den im Kreise angeordneten Contactstücken $a_1\ a_2\ a_3$, die mit den Zellen $e_1\ e_2\ldots$ leitend verbunden sind. Zwischen diesen Contacten sind die isolirten Stücke $b_1\ b_2\ldots$ angebracht, und der Contact-

hebel selbst besteht aus den beiden Zinken *d* und *g*, die durch das Ebonitstück *i* von einander isolirt und durch den Widerstand *w* miteinander verbunden sind. Der Zweck dieser Einrichtung ist, den Kurzschluss von Zellen zu vermeiden, ohne hierbei den Stromkreis ganz zu unterbrechen, wenn der Schalthebel von einem Contact auf den anderen übertritt. Wären nämlich die Zwischenstücke *b* nicht vorhanden, so müsste der Schalthebel, um den Stromkreis nicht ganz zu unterbrechen, bereits den nächsten Contact (z. B. a_2) berühren, bevor er noch den vorhergehenden (a_1) verlassen hat, und somit wäre die zwischen den dazu gehörigen Leitungen liegende Zelle (e_1) kurz geschlossen. Durch die angegebene Einrichtung wird nun dieser Kurzschluss ganz vermieden und das Aus- und Einschalten der Zellen in zwei Absätzen durchgeführt, indem der Schaltung der Zellen der des Widerstandes *w* vorhergeht. Dieser Widerstand ist mit Rücksicht auf die betreffende Elementtype so bemessen, dass bei der Entladung durch diesen Widerstand die Entladung normal erfolgt. Soll also z. B. eine Zelle e_1 abgeschaltet werden, so gelangt vom Ausschaltehebel zunächst die Zinke *d* mit dem isolirten Stücke b_2 und die Zinke *g* mit dem Contactstücke a_1 in Berührung. Hierdurch wird der Strom des Elementes e_1 über p_1 a_1 *g*, den Widerstand *w*, *d* und *m* abgeleitet. Im nächsten Stadium der Drehung gelangt die Zinke *d* mit a_2 in Contact und die Zinke *g* mit a_1, so dass das Element e_1 mit Einschaltung des Widerstandes *w* in sich geschlossen ist, nämlich über p_1 a_1 *g w d* a_2 und p_2. Nach vollendeter Hebeldrehung ruht die Zinke *d* vollkommen auf a_2 und die Zinke *g* auf b_2, womit die Ausschaltung der Zelle e_1 vollendet ist. Das Zuschalten von Zellen spielt sich natürlich in umgekehrter Ordnung ab.

Bei dem von Müller & Einbeck in Hagen construirten Einfach-Zellenschalter, Fig. 28, sind die Widerstände in ein dosenförmiges Gehäuse eingeschlos-

sen und verbinden je ein breites Contactstück mit einem schmalen isolirten Stücke; an die breiten Contactstücke sind die Leitungen zu den Zellen angeschlossen. Sämmtliche Stücke, über welche der Schalthebel gleitet, befinden sich auf isolirender Unterlage auf dem Deckel des dosenförmigen Gehäuses. Der Schleifcontact selbst ist aus fest aufeinanderliegenden


Fig. 28.

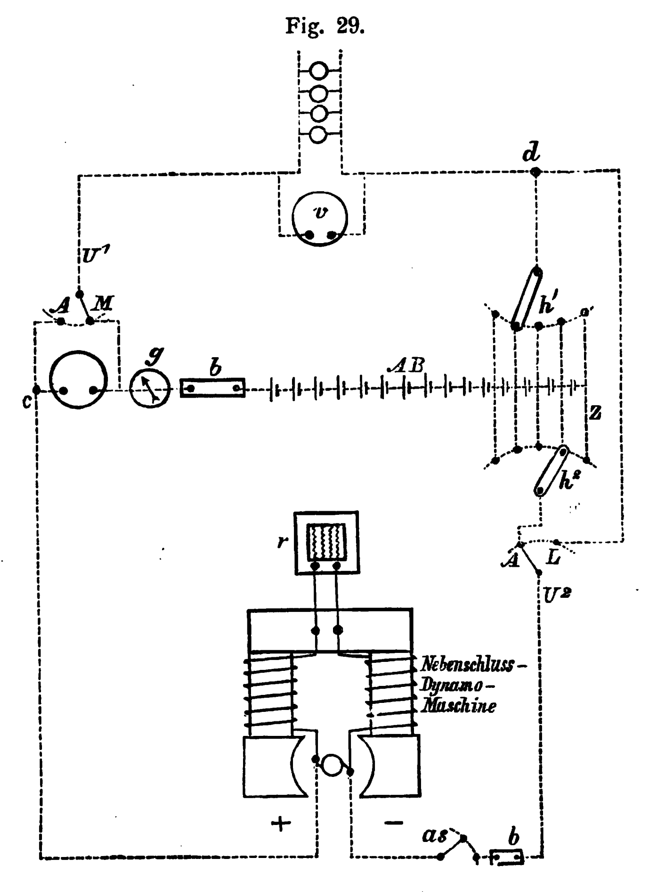


gebogenen Blattfedern aus Kupfer zusammengesetzt. Wird beim Einschalten einer Zelle der Hebel gedreht, so gelangt er zunächst mit einem schmalen Stücke in Berührung, bevor er noch das Contactstück verlassen hat, auf welchem er zuletzt aufruhte. Dadurch wird das zuzuschaltende Element über den betreffenden Widerstand geschlossen. Bei weiterer Drehung gelangt dann der Hebel ausschliesslich mit dem schmalen Stücke in Berührung. Das betreffende Element ist dann zugeschaltet, jedoch mit Einbeziehung des Widerstandes,

so dass also die Stromspannung noch nicht um den vollen Betrag eines Elementes, sondern nur um einen Theilbetrag erhöht wird. Erst wenn der Schalthebel das schmale Stück verlassen hat und ganz auf dem folgenden breiten Contactstücke aufruht, ist der Widerstand ausgeschaltet und dadurch die Spannung um den vollen Betrag (von 2 V) erhöht. Da die Spannung bei der Entladung der Accumulatoren fällt, so müssen, um die Spannung in der Lampenleitung (Fig. 26) constant zu erhalten, beim Fortschreiten der Entladung Zellen zugeschaltet werden. Hierbei entladen sich jene Zellen, welche erst später zur Stromlieferung herangezogen werden, naturgemäss weniger als die zuerst eingeschalteten. Beim hierauf folgenden Laden der Accumulatoren wird der Hebel L des Maschinenumschalters an den Contact A gelegt und hieraus ergibt sich, dass der Ladestrom stets durch sämmtliche Zellen geht. Nun werden aber die weniger entladenen Zellen natürlich früher vollständig geladen als die übrigen und daher ist es nicht nur zwecklos, dass der Ladestrom länger noch durch die erstgenannten Zellen fliesst, sondern es tritt dadurch ein Verlust elektrischer Energie ein. Ist letzterer auch für kleine Anlagen belanglos, so wird er hingegen bei grossen Anlagen sehr bedeutend. Um dies zu verhindern, muss dafür vorgesorgt werden, dass man beim Laden die bereits geladenen Accumulatoren der Reihe nach ausschalten kann. Dieser Zweck wird durch Anwendung eines Doppel-Zellenschalters erreicht, wie ein solcher im Schaltungsschema, Fig. 29, bei z skizzirt ist. Es ist hieraus leicht zu ersehen, dass durch Drehen des Schalthebels h_2 am Zellenschalter die geladenen Zellen abgeschaltet und dadurch Energieverluste jederzeit vermieden werden können. Mit der durch den Doppelzellenschalter ermöglichten Ausschaltung der geladenen Zellen ist auch noch der weitere Vortheil verbunden, dass die Spannung der Maschine gegen Ende der La-

dung nicht so hoch zu sein braucht, als sie sein müsste, wenn sämmtliche Zellen bis zum Schlusse eingeschaltet bleiben würden.

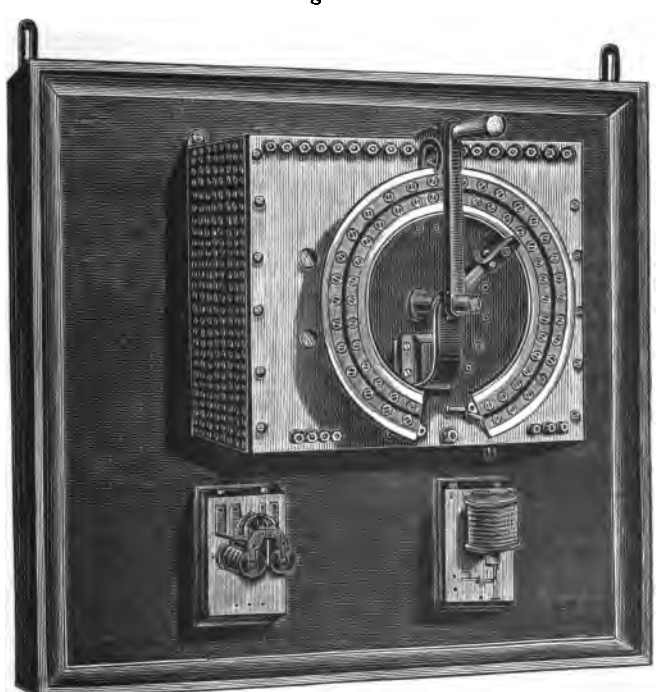
Fig. 29.



Genügen zwar die mit der Hand stellbaren Zellenschalter für sehr viele Anlagen, so wird man für andere

Betriebe doch eine automatische Regulirung vorziehen. Ein von Uppenborn beschriebener automatischer Doppelzellenschalter, welcher von der Firma Müller und Einbeck construirt wurde, ist in Fig. 30 ab-

Fig. 30.



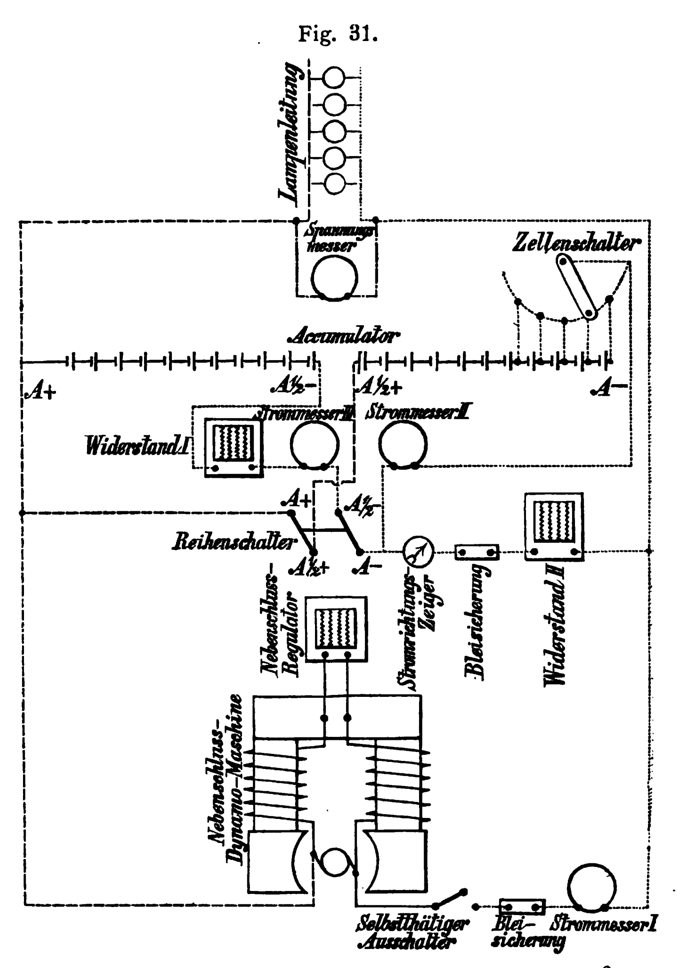
gebildet. Bei diesem Zellenschalter wird jedoch nur der Entladestrom automatisch regulirt, während die Regulirung des Ladestromes durch die Hand erfolgt. Wie aus der Figur zu ersehen, sind beide Regulirungsvorrichtungen concentrisch angebracht. Die einzelnen

Contacte befinden sich unter einem kreisförmigen Contactringe und die Verbindung des letzteren mit dem ersteren erfolgt mittelst einer federnden Klammer. Die zu beiden Zellenschaltern gehörigen Widerstände sind in dem kastenartigen Gehäuse, auf welchem die Regulirvorrichtung sich befindet, untergebracht. Der Automat hat nun im Wesentlichen folgende Einrichtung. An den Enden des Stromkreises, dessen Spannung constant erhalten werden soll, ist ein Contactvoltmeter angeschlossen, welches aus einer Drahtspule mit leichtem Eisenkerne besteht. Letzterer wird bei einer gewissen Spannung gerade in der Schwebe gehalten, gehoben, wenn die Spannung steigt und sinken gelassen, wenn die Spannung fällt. Hierbei schliesst er beim Heben einen und beim Senken einen anderen Contact. Die Ströme dieses Contactvoltmeters wirken auf ein in der Figur links unten dargestelltes polarisirtes Relais, welches dann kräftige Ströme in den Automaten sendet. Daselbst durchströmen sie Elektromagnete und bewirken durch Anziehen von Ankern mittelst Sperrrad und Sperrkegel Drehungen des Schalthebels.

In der Praxis wird auch häufig die Aufgabe gestellt, eine bereits vorhandene Maschinenanlage durch Aufstellung einer Accumulatorenbatterie zu ergänzen, so zwar, dass beim Lichtbetriebe parallel mit der Dynamomaschine eine grössere Anzahl von Lampen in Thätigkeit treten kann, als dies mit der Maschine allein möglich ist, und zuweilen wird auch noch verlangt, dass eine gewisse Anzahl von Lampen nach Einstellung des Maschinenbetriebes durch die Accumulatoren gespeist werde. Ist die vorhandene Dynamomaschine eine Nebenschlussmaschine, welche nur die für das normale Brennen der Lampen erforderliche Spannung besitzt, so kann durch dieselbe eine Accumulatorenbatterie gleich hoher Spannung nur in der Weise geladen werden, dass man die Zellen zur Ladung in zwei Reihen parallel schaltet, wie dies z. B.

in Fig. 31 dargestellt ist. Zur Entladung werden dann beide Reihen hintereinander geschaltet. Die Ausführung dieser Schaltungen vermittelt ein Reihenschalter. Die

Fig. 31.



Ladung der in parallelen Reihen geschalteten Batterie durch eine Nebenschlussmaschine erfolgt ohne Kraftverlust, wenn während der Ladezeit keine Lampen zu brennen haben. Ist dies aber der Fall, dann muss man, um die Maschinenspannung auf der für die Lampenleitung erforderlichen Spannung zu erhalten, einen Widerstand II vor die Batterie schalten, wodurch ein nicht unerheblicher Verlust bedingt ist. Bei der Entladung werden die sämmtlichen Zellen hintereinander und zur Maschine parallel geschaltet, reguliren dann das Licht, ergänzen die Maschinenleistung und erhöhen die Betriebssicherheit.

Wie schon weiter oben erläutert, werden die am äussersten Ende des Zellenschalters gelegenen Zellen weniger entladen und erhalten daher eine höhere Spannung; in Folge dessen erhält die Zellenreihe, in welcher der Zellenschalter liegt, einen geringeren Ladestrom als die andere Zellenreihe. Um dies zu verhindern, wird in der Reihe, in welcher der Zellenschalter nicht liegt, ein veränderlicher Vorschaltwiderstand gelegt, durch den die Stromstärke in beiden Reihen stets auf gleicher Höhe erhalten werden kann. Es ist daher auch in jede Reihe ein Strommesser geschaltet.

Kann nur die Accumulatorenbatterie in dem zu beleuchtenden Gebäude oder dessen unmittelbarer Nähe aufgestellt werden, während die zum Laden zu verwendende Maschine in grösserer oder geringerer Entfernung aufgestellt ist, so kann die in Fig. 32 dargestellte Schaltung zur Anwendung gelangen. In der Regel werden die Accumulatoren allein die Stromlieferung besorgen; es ist jedoch möglich, in Fällen besonderen Bedarfes die Maschine zur Unterstützung der Accumulatoren heranzuziehen.

Will man beim Laden der Accumulatoren durch eine Maschine, welche nur die für das normale Brennen der Lampen erforderliche Spannung besitzt, das Umschalten der Batterie in zwei hintereinander geschaltete

Reihen vermeiden, so verwendet man noch eine Nebenschlussmaschine als Zusatzmaschine, die zur Betriebsmaschine in Serie geschaltet, die Spannung so weit

Fig. 32.

erhöht als nöthig ist, um sämmtliche Accumulatoren in einer Reihe laden zu können. Die Spannung der Zusatzmaschine ist so zu bemessen, dass sie mit derjenigen der Betriebsmaschine zusammen die Spannung gibt, welche die Batterie am Ende der Ladung erhalten soll. Hierbei schaltet man die Zusatzmaschine nach einer der dargestellten Schaltungen zwischen den selbstthätigen Ausschalter und den Maschinenumschalter oder zwischen die Hauptmaschine und den Ausschalter.

Es würde zu weit führen, alle Schaltungsarten zu erläutern, welche bereits zur praktischen Verwendung gelangt sind, doch mag auf eine derselben noch hingewiesen werden, nämlich auf die Hintereinanderschaltung von Batterien oder die Errichtung von Accumulatoren-Unterstationen. Hierbei wird der in der Centrale erzeugte hochgespannte Strom den entfernten Verbrauchsgebieten zugeführt und ladet die dort aufgestellten Accumulatoren in einer Reihe. Hierbei trifft man die Einrichtung für die Accumulatoren-Unterstation gewöhnlich in der Weise, dass man Doppelbatterien aufstellt, von welchen die eine das Leitungsnetz speist, während die andere geladen wird. Für die Entladung werden die Accumulatoren der betreffenden Batterie in Gruppen parallel geschaltet, um die für den Betrieb nöthige Spannung zu erhalten.

Mit der letztangegebenen Accumulatorenschaltung ist zugleich eine Vertheilungsart der elektrischen Energie angegeben, bei welcher die Methode der indirecten Vertheilung vollkommen durchgeführt ist. Der wesentliche Vorzug dieser Methode besteht in der Möglichkeit, mit hochgespannten Strömen zu arbeiten, deren Vortheile namentlich mit Bezug auf die Ausdehnung, welche man dem mit Strom zu versorgenden Gebiete geben kann, zum Theile bereits (S. 62) auseinandergesetzt worden sind. Die diesbezüglich günstigsten Bedingungen sind durch die Anwendung der hochgespannten Wechselströme in Verbindung mit

Transformatoren gegeben. Dieses Vertheilungssystem ist, wenn es sich um die Uebertragung elektrischer Energie auf grosse Entfernungen handelt, den Vertheilungssystemen unter Vermittlung des Gleichstromes nicht nur bedeutend überlegen, sondern bietet in vielen Fällen, namentlich bei der Verwerthung natürlicher Wasserkräfte, das einzige Mittel zur Lösung der gestellten Aufgabe.

Schon die Construction und Wirkungsweise der Wechselstrommaschinen und Transformatoren ist für hohe Betriebsspannungen viel geeigneter als die der Gleichstrommaschinen. Bei den Wechselstrommaschinen entfällt nämlich der sehr empfindliche Collector und können die Ankerspulen ebenso wie die Stromableitungsklemmen feststehend angeordnet werden, was ihre sichere Isolirung sehr erleichtert und ihre Bedienung vereinfacht. Der Wechselstromtransformator besitzt gar keine bewegten Theile, ermöglicht daher gleichfalls eine leichte und sichere Isolirung und kann, da er keinerlei Wartung bedarf, in vollkommen abgeschlossenen Räumen aufgestellt werden.

Ausser der durch Anwendung hochgespannter Ströme überhaupt erzielten Ersparung an Leitungsmaterial gewährt der Betrieb mit Wechselströmen gegenüber jenen mit Gleichströmen noch den Vortheil der grossen, für die Herstellung wie für den Betrieb gleich wichtigen, bemerkenswerthen Einfachheit. Gibt man jeder Verbrauchsstelle ihren Transformator, so ist in jeder Strasse nur ein Kabel von mässigem Querschnitte, oder wenn es mit Rücksicht auf anderweitige Umstände gewünscht wird, auf jeder Seite der Strasse nur ein solches Kabel zu verlegen und bei Anwendung gemeinschaftlicher Transformatoren in einem zusammenhängenden Secundärnetze wird ebenfalls in jeder Strasse beziehungsweise auf jeder Strassenseite nur ein Secundärkabel und in den Hauptstrassenzügen noch ein zweites Primärkabel zu verlegen sein, während

das Gleichstromsystem für jeden Kabelzug 3 Kabel für das Dreileitersystem und 5 Kabel für das Fünfleitersystem fordert. In ähnlicher Weise macht sich die Einfachheit des Wechselstrombetriebes gegenüber dem Starkstrombetriebe auch für die oberirdischen oder Freileitungen geltend.

Die innerhalb weiter Grenzen vorhandene Unabhängigkeit von der Ausdehnung des mit elektrischer Energie zu versorgenden Gebietes ist Ursache einer ganzen Reihe wirthschaftlicher Vortheile. Der Möglichkeit, abseits gelegene Wasserkräfte auszunützen, wurde bereits gedacht. Aber auch abgesehen von diesen Fällen wird der Betrieb wirthschaftllicher und einfacher, wenn er von einer einzigen Centrale auch für so grosse Gebiete geleistet wird, für welche der Gleichstrombetrieb getrennte Centralen oder Centralen mit Unterstationen erfordert. Dann ist ferner innerhalb eines bestimmten Versorgungsgebietes die Freiheit in der Wahl des Ortes für die Centrale ein wichtiger Vorzug. Man ist nicht wie beim Gleichstrombetriebe gezwungen, möglichst in der Mitte des Versorgungsgebietes das Elektricitätswerk zu errichten und daher gewöhnlich theuren Grund einlösen und sich häufig lästigen Bedingungen in Bezug auf die Feuerung, die Anlage und den Betrieb der Dampfkessel u. dgl. fügen zu müssen, wenn nicht überhaupt schon jedwede Fabriksanlage innerhalb der Stadt verboten ist. Etwaige Erweiterungen, die ja gewöhnlich nothwendig werden, lassen sich nur schwer und mit grossen Kosten durchführen, da man wegen des theuren Grundes nicht im Vorhinein schon ein für spätere allfällige Vergrösserungen ausreichendes Grundstück ankaufen kann, dann aber den Nachbarn jeden geforderten Preis zahlen oder auf eine Vergrösserung verzichten muss. Alle diese Nachtheile fallen jedoch weg, wenn man bezüglich der Wahl des Ortes für das Elektricitätswerk freie Hand hat, wie dies beim Betriebe mit hochgespanntem

Wechselstrome der Fall ist, da man dann die Centrale ausserhalb des verbauten Gemeindegebietes auf billigem Grunde nahe einer Eisenbahn oder einer Wasserstrasse errichtet und sich dadurch billige Fracht für Kohle und Asche, leichte und billige Beschaffung und Ableitung des Wassers, die freie Wahl des Brennmaterials u. s. w. sichert.

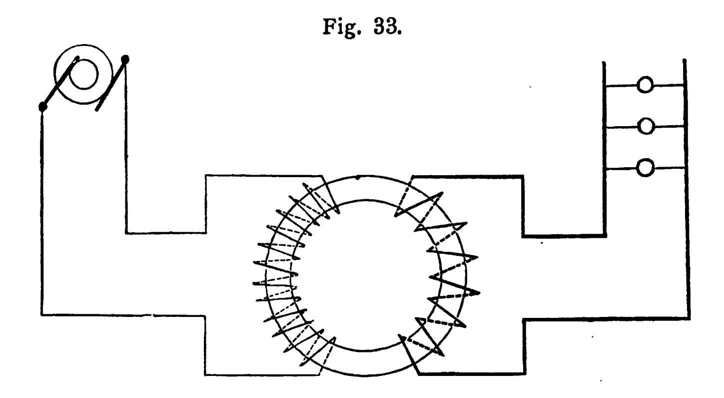
Da in Folge der höheren Spannung verhältnissmässig geringe Leitungsquerschnitte erforderlich sind, kommt die Herstellung des Leitungsnetzes billig zu stehen und dieser Vortheil gestattet daher auch schon beim ersten Ausbau gleich auf allfällige Vergrösserung Rücksicht zu nehmen, ohne das in der Leitungsanlage investirte Capital zu sehr zu erhöhen.

Ein weiterer Vorzug des Wechselstrom-Transformatoren-Systems liegt in der Einfachheit des Betriebes. Während das Gleichstromsystem zum Ausgleiche der Spannungsdifferenzen im Leitungsnetze kostspielige Ausgleichsleitungen erfordert und für die Speiseleitungen Regulirvorrichtungen durch Personen oder automatisch bethätigt werden müssen, beschränkt sich beim Wechselstrom-Transformatoren-System die Regulirung darauf, dass die Spannung an den Klemmen der Wechselstrommaschine constant erhalten wird oder dass die Spannung nach den Anzeigen eines in der Centrale aufgestellten Egalisirtransformators durch einen selbstthätigen Regulator entsprechend geregelt wird.

Der Wechselstrom-Transformator ist dem Principe nach bekanntlich ein Inductionsapparat, der sich aber von den zu physikalischen oder medicinischen Zwecken dienenden Apparaten dadurch unterscheidet, dass er einen in sich geschlossenen, pollosen Eisenkern besitzt, wie dies in der schematischen Figur 33 angedeutet ist, und in seiner hauptsächlichsten Anwendung gewissermassen umgekehrt benützt wird, wie die vorbenannten Apparate, nämlich zur Umwandlung hochgespannter Ströme in Ströme von niedriger Spannung.

Der durch die Spule mit den zahlreichen Windungen gesandte hochgespannte Wechselstrom inducirt in der Spule mit wenig Windungen einen niedrig gespannten Wechselstrom, wobei das Verhältniss der Spannungen des inducirenden und inducirten Stromes fast genau dem Verhältnisse der Windungszahlen beider Spulen entspricht. Der bei dieser Umwandlung eines hochgespannten in einen niedrig gespannten Strom eintretende Energieverlust beschränkt sich auf jene Verluste, welche durch den Drahtwiderstand und die

Fig. 33.



Ummagnetisirung des Eisens verursacht werden. Hierbei regulirt sich die Stromumwandlung entsprechend dem Stromverbrauche von selbst. Wird nämlich in der Lampenleitung (Secundärleitung) kein Strom verbraucht, so ist dieselbe und mit ihr die secundäre Spule des Transformators angeschlossen und es kann daher im secundären Kreise kein Strom zu Stande kommen. Der im primären Stromkreise fliessende Strom verrichtet im Transformator nur Magnetisirungsarbeit und erzeugt daher ein sehr kräftiges magnetisches Feld, durch welches eine entsprechend hohe elektromoto-

rische Gegenkraft im primären Stromkreise erregt wird, die ihrerseits wieder bewirkt, dass durch die Primärleitung nur ein sehr schwacher Strom fliessen kann. Tritt jedoch im secundären Stromkreise ein grösserer oder geringerer Stromverbrauch ein, so kommen in diesem Stromkreise, dem Energieverbrauche entsprechend starke Ströme zu Stande und durch diese wird der Magnetismus im selben Masse geschwächt; dies hat wieder ein entsprechendes Herabdrücken der elektromotorischen Gegenkraft im primären Stromkreise zur Folge und daher ein verhältnissmässiges Anwachsen der Stromstärke in demselben.

Was nun die Schaltung der Transformatoren anbelangt, so können dieselben sowohl in Reihen- als auch in Parallelschaltung betrieben werden, doch ist die letztere die allgemein übliche, da nur sie den für die Stromvertheilung gestellten Anforderungen entspricht. Hierbei werden die Primärwindungen der an passend gewählten Orten aufgestellten Transformatoren sämmtlich in Parallelschaltung an die von der Maschinenstation kommenden Primärleitungen angeschlossen, während die secundären Leitungen mit den Secundärwindungen verbunden sind.

Unter Einhaltung der angegebenen Schaltung kann die Verwendungsweise des einzelnen Transformators wieder eine verschiedene, den localen Verhältnissen und Bedürfnissen angepasste sein. In vielen Fällen, namentlich in grossen Städten mit unterirdischen Kabelleitungen, wird in jedem einzelnen der mit elektrischer Energie zu versorgenden Gebäude oder innerhalb jeder einzelnen Gruppe aneinander stossender Gebäude je ein Transformator aufgestellt, so dass sich die Transformatoren ganz nach Massgabe des im Laufe der Zeit sich entwickelnden Bedarfes über das ganze Verbrauchsgebiet vertheilen. In einem solchen Falle ist nur ein gemeinsames Primärnetz vorhanden, während die an die Secundärklemmen der Transformatoren angeschlos-

senen Secundärleitungen lauter getrennte, von einander unabhängige Stromkreise bilden.

In kleineren Städten und Ortschaften, wo es grösstentheils nur kleine Stromabnehmer gibt, stellt man nur an bestimmten passend gewählten Punkten Transformatoren (T_1—T_4 in Fig. 34) auf und bildet an Stelle der einzelnen von einander getrennten Secundärstromkreise ein zusammenhängendes Secundärnetz aus, an welches die einzelnen Abnehmer angeschlossen werden. Einzelne grosse Verbrauchsgruppen aber, wie z. B. Theater, öffentliche Gebäude und Vergnügungsorte, grosse Motoren u. s. w. schliesst man, ohne Verbindung mit dem allgemeinen Secundärnetze, unter Vermittlung eines eigenen Transformators (T_5) direct an das Primärnetz an und entgeht dadurch verschiedenen Unzukömmlichkeiten, welche solche bedeutende Anschlüsse in Leitungsnetzen für niedrig gespannten Gleichstrom mit sich bringen.

Endlich gibt es auch Fälle, in welchen es zweckmässig erscheint, förmliche Transformatoren-Unterstationen einzurichten. Die Grössen der Transformatoren werden so gewählt, dass letztere mit dem Steigen und Sinken der Belastung je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden können und somit annähernd immer voll belastet, also mit dem günstigsten Wirkungsgrade arbeiten. Obwohl nun diese Anordnung principiell die beste wäre, zieht man in grossen Städten doch zumeist das ersterwähnte System mit Einzeltransformatoren vor, weil es dem Stromlieferungsunternehmen die Möglichkeit bietet, sich allmählich, entsprechend dem zunehmenden Bedarfe zu entwickeln und dem entsprechend auch das Anlagecapital allmählich zu vergrössern.

Das vorstehend erläuterte Wechselstrom-Transformatorensystem lässt die Stromvertheilung auf die grössten Entfernungen zu, da man bereits gegenwärtig Stromspannungen bis zu 10.000 V vollkommen sicher

Fig. 34.

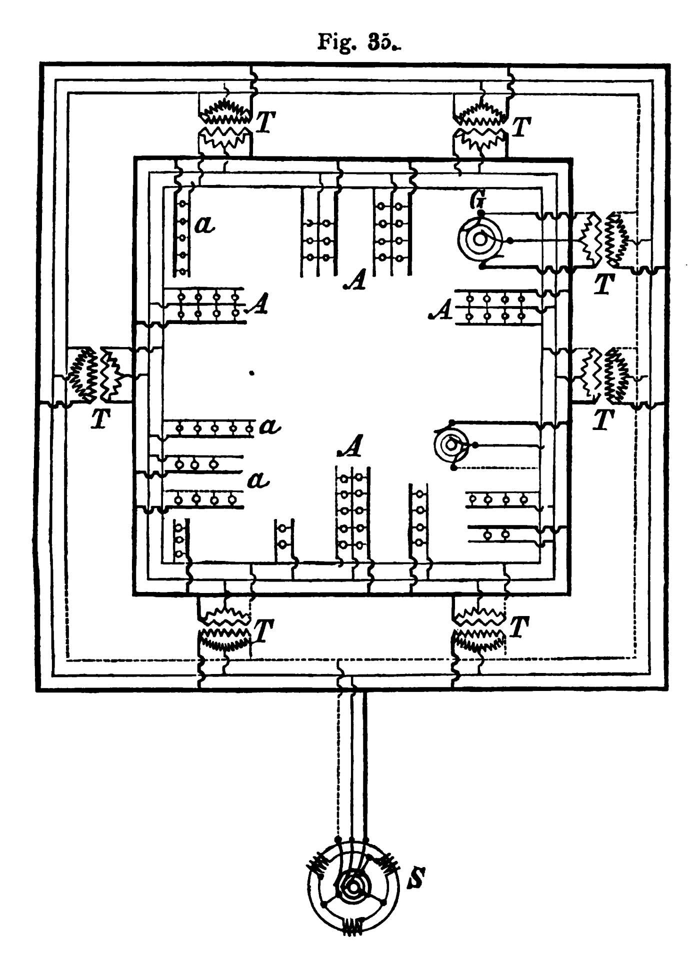
2,000 Volt
Zuleitung
2,000 Volt
Ts
Secundäres Netz
100 Volt
Primäres Netz
Haupt
Tp
Speisepunkt
Überlandleitung 10,000 Volt
Primäres Netz
T4
T5
T1
2,000 Volt
Secundäres Netz
100 Volt
T3
2,000 Volt
T2
Tp
2,000 Volt
Sammelschienen

anwenden kann. Zieht man es mit Rücksicht auf die Construction der Maschinen vor, mit der Spannung des von letzteren erzeugten Stromes nicht über 5000 V zu gehen oder machen es besondere locale Verhältnisse nothwendig, durch dieselbe Centrale einen nahe und einen ferne gelegenen Ort mit elektrischer Energie zu versorgen oder muss man von einer oberirdischen Ueberlandleitung für über 5000 V zu einer Kabelleitung in einem Stadtgebiete für weniger als 5000 V übergehen, da höhere Spannungen derzeit für Kabel noch nicht empfohlen werden können, so schreitet man zur wiederholten Transformirung des elektrischen Stromes, wie dies in Fig. 34 angedeutet ist. Der von den Maschinen gelieferte Strom von 2000 V wird dem nahegelegenen Verbrauchsgebiete direct zugeführt, während er für das entfernt liegende Gebiet durch primäre Transformatoren *Tp* zunächst auf 10.000 V gebracht und in die Fernleitung gesandt wird, um am Endpunkte derselben angelangt wieder auf 2000 V transformirt zu werden, worauf er dann den secundären Transformatoren *Ts* zugeführt wird, die dieselbe Rolle spielen, wie die Transformatoren im erstgenannten Verbrauchsorte.

Als Leitungssystem kommt beim Wechselstrom-Transformatorensystem für die Primärleitung immer und für die Secundärleitungen in der Regel das Zweileitersystem zur Anwendung, da die Vortheile hoher Stromspannung schon durch die Transformatoren selbst gesichert sind, und nicht erst wie beim Gleichstrombetrieb durch ein Mehrleitersystem erzielt werden müssen. Anderseits besteht jedoch kein Hinderniss für die Anwendung eines Mehrleitersystemes, da man, um dies zu ermöglichen, nur jedem Transformator mehr als zwei, also für ein Dreileitersystem z. B. drei Secundärklemmen zu geben braucht. Dies wird auch in jenen Fällen ausgeführt, in welchen es sich darum handelt, neben den Glühlampen auch Bogenlampen

zu betreiben. Da man für die ersteren das Secundär-

Fig. 35.



netz mit 100 V betreibt und dies die niedrigste daselbst zur Verfügung stehende Spannung darstellt, muss

man bei Gleichstromanlagen, wie bereits erwähnt, entweder stets zwei Bogenlampen hintereinander schalten oder in einem vorgeschalteten Widerstande die halbe Energie nutzlos verzehren lassen. Beim Transformatorensystem werden jedoch in diesem Falle an drei Secundärklemmen des Transformators Leitungen angeschlossen. In diesem secundären Dreileitersysteme besteht nur zwischen den beiden Aussenleitern eine Spannung von 100 V, die unseren gegenwärtig üblichen Glühlampen entspricht, und zwischen je einem Aussenleiter und dem Mittelleiter eine Spannung von 50 V, welche den Betrieb der Bogenlampen ermöglicht.

Endlich sei noch einer speciellen Art der Stromvertheilung mit Wechselstrom, nämlich mit mehrphasigem Wechselstrome oder Drehstrome gedacht. Der Drehstrom zeichnet sich gegenüber dem gewöhnlichen (einphasigen) Wechselstrome, wenigstens gegenwärtig noch, dadurch aus, dass die grossen Elektromotoren mit grösserer Belastung anlaufen; im Uebrigen theilt der Drehstrom die gleichen Vor- und Nachtheile mit dem einphasigen Wechselstrom. Auch die Vertheilung im mehrphasigen System, Fig. 35, bietet im Vergleiche mit der Vertheilung beim einphasigen Systeme keine principiellen Verschiedenheiten. Von der Stromquelle *S* aus werden die Ströme durch die Speiseleitungen dem Hochspannungsnetze zugeführt und durch daselbst passend angebrachte Transformatoren *T* auf Consumspannung herabtransformirt. Grosse Motoren *G* schliesst man unmittelbar an diese Transformatoren an, während die übrigen Transformatoren auf ein gemeinschaftliches Niederspannungs-Vertheilungsnetz arbeiten. Die einzelnen Stromabnehmer werden dann die grossen *A* auf drei Phasen, die kleinen *a* auf je zwei Phasen, und zwar unter möglichst gleichförmiger Belastung aller drei Phasen, anschliessen.

IV.

Elektrisches Licht und elektrische Lampen.

1. Das elektrische Licht.

Bei Beurtheilung jeder Lichtquelle hat man die Lichtstärke, den Glanz oder die Helligkeit, die Farbe und bezüglich ihrer Wirkung auf die Umgebung die Beleuchtung zu unterscheiden.

Unter der Lichtstärke (Leuchtkraft) einer Lichtquelle versteht man ihre gesammte nach einer Richtung hin ausgestrahlte Lichtmenge. Man misst dieselbe nach verschiedenen Einheiten, da hierüber leider noch keine Einigung erzielt worden ist. In Frankreich rechnet man nach Carcelbrennern und versteht darunter eine Flamme von 40 mm Höhe, die mit Hilfe eines Dochtes von 30 mm Durchmesser durch Verbrennen von 42 g gereinigten Rüböles pro Stunde erhalten wird. In England gilt eine Spermacetikerze, welche bei einer Flamme von 45 mm Höhe 77·7 g pro Stunde verbrennt, als Lichteinheit. In Deutschland rechnet man nach Paraffinkerzen (Deutsche Vereinskerze) von 20 mm Durchmesser, die eine Flamme von 50 mm Höhe erzeugen. Der Docht ist aus 24 Baumwollfäden geflochten und hat im trockenen Zustande pro 1 m ein Gewicht von 0·668 *g*. Wie schon aus diesen Definitionen

ersichtlich, können die genannten Lichteinheiten durchaus keinen Anspruch auf Genauigkeit machen. Von den zahlreichen Versuchen, welche gemacht wurden, um diesem Uebelstande abzuhelfen, sind jene, die F. v. Hefner-Alteneck durchgeführt hat, zu nennen, da sie zu einem praktisch vollkommen brauchbaren Resultate geführt haben.

Seine Amylacetatlampe gibt eine Lichteinheit, welche ebenso leicht als auch mit vollkommen ausreichender Genauigkeit überall herstellbar ist. Das Hefnerlicht wird folgendermassen definirt: Die Lichteinheit ist die Leuchtkraft einer frei brennenden Flamme, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylacetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem, 8·2 mm äusserem Durchmesser und 25 mm freistehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochtröhrchens bis zur Flammenspitze und wenigstens zehn Minuten nach dem Anzünden gemessen.

Als Brennmaterial dient Amylacetat (Essigsäure-Amyläther), eine wasserhelle Flüssigkeit von angenehmem Geruche nach Bergamottebienen, welche bei 138 Grad C siedet, fabriksmässig dargestellt wird und daher auch leicht und zu billigem Preise im Handel erhältlich ist. Dank der vorzüglichen praktischen Eignung hat sich das Hefnerlicht ziemlich allgemein Eingang verschafft, trotzdem die Pariser Conferenz der Elektriker im Jahre 1884 das höchst unpraktische Violle als »praktische« Lichteinheit annahm und wie folgt definirt: Die praktische Lichteinheit des weissen Lichtes ist jene Lichtmenge, welche in normaler Richtung von einem Quadratcentimeter der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausgegeben wird. Hierbei stehen die Lichteinheiten untereinander nach Violle in nachstehender Beziehung:

	Violle'sche Platin-Einheit	Carcellbrenner	Englische Normalkerze	Deutsche Vereinskerze	Hefnerlicht
Violle'sche Platineinheit	1	2·08	18·5	16·4	19·5
Carcellbrenner . . .	0·48	1	8·9	7·9	9·4
Englische Normalkerze	0·054	0·112	1	0·89	1·05
Deutsche Vereinskerze	0·061	0·127	1·13	1	1·19
Hefnerlicht	0·051	0·106	0·95	0·84	1

Wenngleich die Lichtstärke für praktische Zwecke das wichtigste Moment zur Beurtheilung einer Lichtquelle bildet, so sind doch auch noch Glanz und Farbe derselben zu beachten. Vergleicht man eine elektrische Glühlampe, eine Glasflamme und eine Petroleumflamme, welche alle die gleiche Lichtstärke besitzen, so besitzt die Glühlampe den stärksten, die Petroleumflamme den schwächsten Glanz, d. h. in Bezug auf die Flächeneinheit strahlt die Glühlampe die grösste und die Petroleumlampe die geringste Lichtmenge aus. Bestimmend auf den Glanz einer Lichtquelle, gleichzeitig aber auch auf die Farbe des Lichtes wirkt namentlich die Temperatur ein, welche im leuchtenden Theile herrscht. In Bezug auf die Farbe wirkt die Temperatur unter sonst gleichen Umständen derart, dass bei geringen Hitzegraden die rothen Strahlen überwiegen, während die blauen und violetten mehr und mehr zunehmen, wenn die Hitzegrade höhere werden. Von den uns bekannten Lichtquellen spendet die Sonne das weisseste Licht und diesem am nächsten kommt das elektrische Bogenlicht. Zwar wird häufig behauptet, das elektrische Licht erscheine bläulich, bewirke mehr den Effect einer Mondbeleuchtung und entbehre des warmen Tones einer Gasbeleuchtung;

dies ist aber nicht ganz begründet. Man hat das Licht der Sonne, das Gas- und das elektrische Licht sorgfältig untersucht und dabei gefunden, dass das Gaslicht reicher an rothen Strahlen ist als das Sonnenlicht, letzteres jedoch mehr violette Strahlen enthält als das erstere; dass das Gaslicht auch reicher an rothen und ärmer an violetten Strahlen ist als das elektrische Licht. Man fand aber auch, dass das Sonnenlicht im Grün und Blau heller leuchtet als das elektrische Licht, letzteres aber in Roth und Violett überwiegen kann. Daraus erhellt, dass das elektrische Licht im Vergleiche zum Sonnenlichte noch immer gelblich oder röthlich erscheinen muss, was man auch in der That beobachten kann, wenn gleichzeitig eine Fläche zum Theile vom elektrischen Lichte zum Theile von der Sonne beleuchtet ist. Die Farbe des elektrischen Lichtes ist daher jener des Gaslichtes entschieden vorzuziehen, und nur die Gewohnheit, von Jugend auf Abends alles im röthlichen Lichte zu sehen, lässt uns die elektrische Beleuchtung kalt und unnatürlich erscheinen. Sollte es denn natürlicher sein, dass Grün und Blau bei Gasbeleuchtung betrachtet so sehr denselben Eindruck auf unser Auge machen, dass diese beiden Farben häufig gar nicht zu unterscheiden sind, als dass wir beide Farben wohl erkennen, wie dies bei elektrischer Beleuchtung der Fall ist?

Bei der grossen Verbreitung, welche gegenwärtig das Auer'sche Gasglühlicht besitzt, ist es gewiss von Interesse, auch dieses mit dem elektrischen Lichte zu vergleichen. Dies ist in Bezug auf die Farbe in gründlicher Weise von K. Mützel auf spectralphotometrischem Wege durchgeführt worden, woraus sich die nachstehend angegebenen Resultate ergaben.

Das elektrische Glühlicht enthält bei weitem mehr rothes Licht als das Auerlicht, die grünen Farben treten dem Auerlichte gegenüber am meisten zurück, so dass umgekehrt das Grün beim Auerlicht dem

elektrischen Glühlichte gegenüber stark zur Geltung kommt. Im Hellblau stimmen beide Lichtarten fast überein, im Dunkelblau sowie im Violett überwiegt wieder das elektrische Glühlicht, doch sind die Unterschiede hier sehr unbedeutend. Das Auerlicht ist somit dem elektrischen Glühlichte gegenüber reich an grünen Strahlen und arm an rothen; der Mangel der letzteren bedingt das relative Hervortreten der complementären Strahlen, d. h. der blaugrünen. Es ist daher erklärlich, dass das Auerlicht im Verhältnisse zum elektrischen Glühlichte kalt erscheint, so dass das elektrische Glühlicht dem Auerlichte überall dort vorzuziehen ist, wo warme Farbentöne gewünscht werden. Anders ist jedoch das Verhältniss, wenn es sich um einen Vergleich zwischen dem elektrischen Bogenlichte oder dem Sonnenlichte mit dem Auerlichte handelt. Das Bogenlicht ist dem Auerlichte gegenüber arm an rothen, dagegen sehr reich an blauen und violetten Strahlen. Im grünen Theil des Spectrums tritt das Bogenlicht durchaus nicht dem Auerlichte gegenüber zurück, sondern es enthält sogar mehr grüne Strahlen als dieses. Demnach ist das Auerlicht dem elektrischen Bogenlichte gegenüber reich an rothen und orangefarbenen Strahlen, während es hinsichtlich der blauen und violetten weit hinter dem Bogenlichte zurückbleibt. Mangels blauer und violetter Strahlen müssen die complementären Farben, d. h. gelbgrün, grün, orange und roth stark hervortreten, woraus sich ergibt, dass das Auerlicht dem elektrischen Bogenlichte gegenüber stark gelblich-weiss mit etwas röthlich-weiss erscheint, während umgekehrt das Bogenlicht mit dem Auerlichte verglichen bläulich erscheint. Es muss noch bemerkt werden, dass es sich bei diesen Vergleichen immer um zwei Lichter handelt, welche in Gelb dieselbe Intensität besitzen.

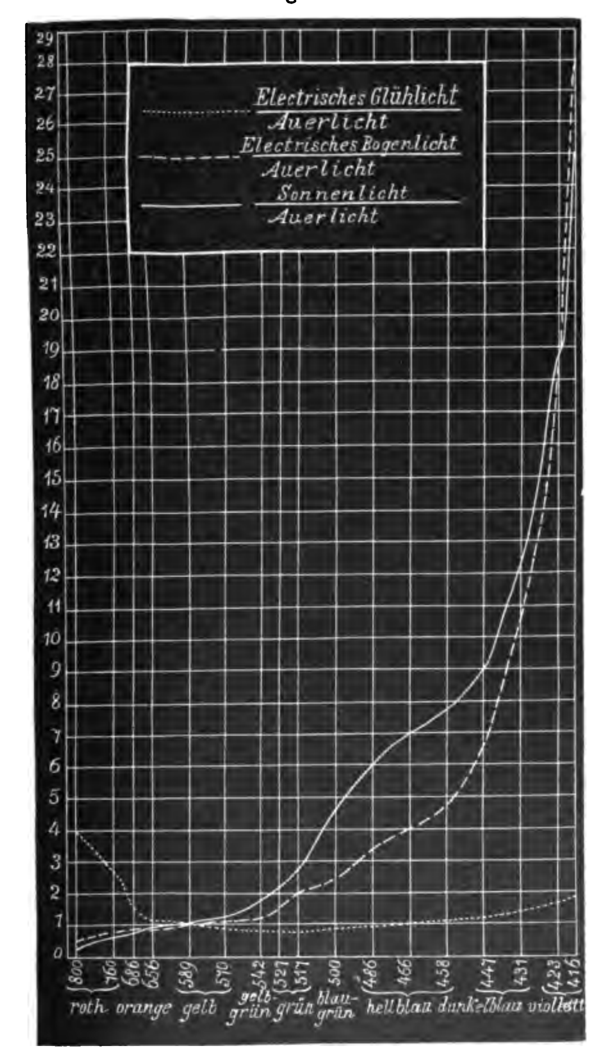
Zu ähnlichen Schlüssen gelangt man, wenn man das Sonnenlicht mit dem Auerlichte vergleicht. Auch

im Sonnenlichte überwiegen die blauen und violetten Strahlen dem Auerlichte gegenüber bei Weitem, so dass das Auerlicht mit dem Tageslichte verglichen, gelblich mit einem Stich ins Rothe erscheint.

Am Uebersichtlichsten ergeben sich diese Verhältnisse aus der graphischen Darstellung des Vergleiches der drei Lichtquellen mit dem Auerlichte, Fig. 36. Die verschiedenen Stellen des Spectrums vom rothen bis zum violetten Ende (oder die Wellenlängen in Milliontel Millimeter) sind daselbst als Abscissen, die Verhältnisszahlen jeder der drei Lichtquellen zum Auerlichte als Ordinaten aufgetragen.

Würde man zwei Auerlichtspectra mit einander vergleichen, so würde bei allen Farben das Intensitätsverhältniss das Gleiche sein und setzte man das Verhältniss für das gelbe Licht wieder gleich 1, so würden sämmtliche Verhältnisse durch 1 auszudrücken sein, d. h. die Curve Auerlicht wäre die in der Entfernung 1 parallel zur Abscissenaxe gezogene Gerade. Die vier Curven geben nun das Intensitätsverhältniss der verschiedenen Farben des Gasglühlichtes, des elektrischen Glühlichtes, des Bogenlichtes und des Sonnenlichtes an. Das Vorwiegen des rothen Lichtes beim elektrischen Glühlichte und das Vorwiegen des blauen und violetten Lichtes beim Bogen- und Sonnenlichte gegenüber dem Auerlichte ist deutlich erkennbar. Die für Bogenlicht und Sonnenlicht geltenden Curven sind sehr ähnlich, woraus sich ergibt, dass das Bogenlicht am meisten mit dem Sonnenlichte übereinstimmt. Auffallend ist nur, dass das Bogenlicht nicht nur am rothen, sondern auch am violetten Ende des Spectrums das Sonnenlicht an Intensität übertrifft. Da das Bogenlicht namentlich im blauen Theile des Spectrums hinter dem Sonnenlichte zurückbleibt, so kommen die gelben Strahlen im Bogenlichte mehr zur Geltung und daher erscheint auch letzteres, mit dem Tageslichte verglichen, gelblich.

Fig. 36.


Electrisches Glühlicht / Auerlicht
Electrisches Bogenlicht / Auerlicht
Sonnenlicht / Auerlicht
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
800
760
686
656
589
570
542
527
517
500
486
466
458
447
431
423
416
roth
orange
gelb
gelb-grün
grün
blau-grün
hellblau
dunkelblau
violett

Da nicht das Licht als solches, sondern die durch dasselbe bewirkte Beleuchtung uns in erster Linie interessirt, so muss auch deren Beziehung zur Lichtquelle erörtert werden. Bei einer und derselben Lichtquelle hängt die Helligkeit der durch dieselbe beleuchteten Fläche von verschiedenen Umständen ab, und zwar in erster Linie von der Entfernung zwischen Lichtquelle und Fläche, dann von dem Winkel, unter welchem die Lichtstrahlen die Fläche treffen, ferner aber auch von der Farbe und Oberflächenbeschaffenheit der Fläche. Die Beleuchtung einer Fläche nimmt unter sonst gleichen Umständen mit dem Quadrate der Entfernung dieser Fläche von der Lichtquelle ab, d. h. sie wird also bei einer 2, 3, 4 . . . mal grösseren Entfernung 4, 9, 16 . . . mal geringer. Um nun die Intensität der Beleuchtung messen zu können, hat man auch für diese eine Einheit aufgestellt. Diese Einheit der Beleuchtung ist 1 Meterkerze und wird festgesetzt als jene Beleuchtung, welche eine Fläche durch die senkrecht auffallenden Lichtstrahlen einer von der Fläche 1 m entfernten Lichtquelle von 1 Kerzenstärke erhält. Hiernach ergibt sich die Beleuchtung einer senkrecht bestrahlten Fläche aus der Leuchtkraft der Lichtquelle, indem man diese durch das Quadrat der Entfernung dividirt. Ist also z. B. eine 16kerzige Lichtquelle 2·5 m von einer Mauer entfernt, so ist deren Beleuchtung für jene Stelle, auf welche die Lichtstrahlen senkrecht auffallen $= \frac{16}{2 \cdot 5} = 1 \cdot 28$ Meterkerzen. Für jene Stellen, auf welche die Strahlen schief auftreffen, wird die Beleuchtung um so geringer, je schiefer die Strahlen auffallen. Ueberdies erscheinen auch weisse oder hellfarbige Flächen heller beleuchtet als dunkelfarbige und ferner wird auch der Eindruck, welchen die beleuchtete Fläche auf das Auge macht, noch durch die Oberflächenbeschaffenheit zuweilen erheblich beeinflusst.

2. Die Bogenlampen.

Das Bogenlicht kommt zu Stande, wenn durch zwei Kohlenstäbe, die miteinander in Berührung stehen, ein elektrischer Strom von entsprechender Spannung geschickt wird, worauf man die beiden Kohlen auf eine gewisse Entfernung von einander zu trennen hat. Da durch den Voltabogen Kohle verzehrt und daher diese Entfernung vergrössert wird, so muss man, soll der Voltabogen nicht erlöschen, dafür Sorge tragen, dass die Entfernung der Kohlen von einander dauernd gleich gross erhalten wird, d. h. man muss die Kohlen ihrem Abbrennen entsprechend nachschieben. Hieraus ergeben sich als allgemeine Anforderungen, denen jede Bogenlampe entsprechen muss, die Fähigkeit derselben, die bei Einschaltung der Lampe in einen Stromkreis in Berührung gestandenen oder zur Berührung mit einander gebrachten Kohlen von einander zu entfernen, um den Lichtbogen zu bilden und die weitere Fähigkeit, diese Entfernung der beiden Kohlen von einander durch fortwährendes Nachrücken zu erhalten, um das Verlöschen des Lichtbogens hintanzuhalten. Zu diesen wesentlichen Einrichtungen kommt dann noch eine Vorrichtung, durch welche die Lampe aus dem Stromkreise selbstthätig ausgeschaltet wird, sobald die Kohlen verzehrt sind.

Die künstlich hergestellten sehr harten cylindrischen Kohlenstäbe, welche in den Bogenlampen zur Verwendung kommen, brennen unter kegelförmiger Zuspitzung gleichmässig ab, wenn Wechselstrom benützt wird. Bei Gleichstrom wird jedoch von der positiven Kohle mehr als doppelt so viel verbrannt als von der negativen Kohle und während sich auch hierbei die negative Kohle kegelförmig zuspitzt, höhlt sich hingegen die positive Kohle kraterförmig aus. Um auch unter diesen Umständen ein gleichmässiges Abbrennen zu erzielen,

gibt man gegenwärtig der positiven Kohle zumeist einen dementsprechend grösseren Querschnitt. Bei Kohlenstäben, die durchaus aus derselben Masse, also aus Homogenkohle bestehen, bleibt der Lichtbogen nicht ruhig, sondern wechselt die Punkte, an welchen er überspringt, und gibt daher ein unruhiges Licht. Um diesem Uebelstande abzuhelfen und den Lichtbogen ruhig in der Axe der Kohlenstäbe zu erhalten, verwendet man harte Kohlenstäbe mit weichem Kerne, sogenannte Dochtkohle, als positive Kohle, während man für die negative Kohle Homogenkohle beibehält.

Bezüglich des elektrischen Verhaltens des Lichtbogens ist trotz zahlreicher Arbeiten und Untersuchungen bis jetzt doch keine vollständige Klärung erzielt worden. Wird im Schliessungskreise einer Stromquelle ein Lichtbogen erzeugt, so tritt eine auffallend starke Stromschwächung ein, auf welche die Länge des Lichtbogens keinen besonderen Einfluss ausübt. Man führt von einer Seite diese Stromschwächung auf eine im Voltabogen auftretende elektromotorische Gegenkraft, von der anderen Seite auf einen grossen Uebergangswiderstand zurück.

Die Lichtstärke des Voltabogens hängt in erster Linie von der Stromstärke und Spannung und nebenbei auch noch vom Querschnitte und der Beschaffenheit der Kohlenstäbe, sowie auch von äusseren Einflüssen ab. Zur Erzeugung eines für praktische Zwecke verwendbaren Lichtbogens ist eine Spannung von über 30 V erforderlich und werden Spannungen bis über 50 V benützt. Die Lichterzeugung erfolgt durch Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme und ist daher durch das Product Stromstärke mal Spannung bestimmt. Da nun die Spannung bei zunehmender Bogenlänge wenig steigt, ist unter sonst gleichen Umständen die Lichtstärke hauptsächlich durch die Stromstärke bestimmt, wobei erstere rascher steigt als letztere zunimmt. In der Praxis gelangen gewöhnlich Stromstärken

von 2 bis 12 A zur Anwendung wobei die Bogenlänge 0·5 bis 4 mm beträgt. Für sehr grosse Lichter zu speciellen Zwecken wird aber die Stromstärke oft bedeutend darüber, auf 130 A und noch mehr erhöht.

Mit der Höhe der Leuchtkraft beziehungsweise der Stromstärke muss auch der Querschnitt der Kohlenstäbe entsprechend bemessen werden, da zu dünne Kohlen nicht nur schnell abbrennen, sondern auch auf grosse Längen erhitzt werden, wodurch eine nutzlose Wärmeabgabe an die Luft stattfindet, während bei zu dicken Kohlen der äussere Rand derselben gar nicht mehr zum Glühen kommt und ein »Ineinanderhineinbrennen« der Kohlen stattfindet. Siemens & Halske geben bei Gleichstrombetrieb für die Kohlen folgende Masse an:

Stromstärke in A	3	4·5	6	9	12	15	20	35
Obere Dochtkohle Durchmesser in mm	11	13	16	18	20	20	22	25
Untere Homogenkohle Durchmesser in mm	6	7	9	11	12	12	13	18

Für Wechselstrombetrieb: bei 7 A Stromstärke oben und unten 9 mm starke Dochtkohle und 12 A oben und unten 10 mm starke Dochtkohle.

Da die Brenndauer einer Lampe nicht durch Vergrösserung der Kohlenquerschnitte erreicht werden kann, so muss die Länge der Kohlen entsprechend bemessen werden. Die grössere Länge der Kohlen führt aber auch eine Verlängerung der Lampenconstruction mit sich. Für Lampen, die im Freien oder in sehr hohen Räumlichkeiten aufgehängt werden, bildet dies aller-

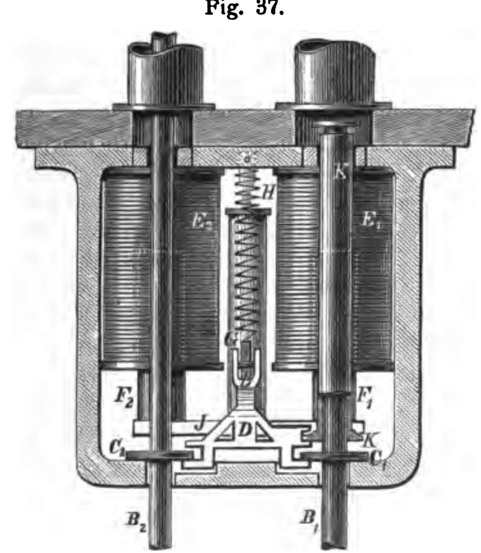
dings kein Hinderniss, wohl aber wenn Bogenlampen in weniger hohen Innenräumen zur Verwendung zu kommen haben oder mit ihrer Umgebung auch decorativ in Uebereinstimmung bleiben sollen. Lampen für hohe Brenndauer, etwa 10—16 Stunden, werden daher im Allgemeinen nur in den ersterwähnten Fällen zur Anwendung kommen können, während man sich für die letzterwähnten Zwecke gewöhnlich mit Lampen für geringere Brenndauer begnügen wird.

Siemens & Halske nehmen die obere und die untere Kohle gleich lang, u. zw. bei einer Brenndauer von 10 14 16 18 Stunden mit 20 25 29 32·5 cm für Gleichstrombetrieb, und bei Wechselstrombetrieb in der gewöhnlichen Differentiallampe mit 20 cm, in der verlängerten Differentiallampe mit 29 cm und bei Lampen mit Vorrichtung für verlängerte Brenndauer mit 35 cm.

Um eine längere Brenndauer zu erreichen, ohne gleichzeitig die Länge der Lampe zu vergrössern, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Brush construirte z. B. zu diesem Behufe Lampen mit zwei oder mehreren Kohlenpaaren. Die Construction einer solchen für zwei Kohlenpaare ist aus Fig. 37 zu entnehmen. Zwei nebeneinander stehende Kernspulen E_1 E_2, in welche zwei unter sich verbundene, einem Hufeisenmagnete ähnliche Eisenkerne F_1 F_2 hineinragen, sind mit einigen Windungen dicken und vielen Windungen dünnen Drahtes bewickelt. Der dicke Draht führt den Strom dem Lichtbogen zu, der dünne bildet einen Nebenschluss zur ganzen Lampe. Die Verbindungen sind in der Weise gemacht, dass beide Wicklungen im entgegengesetzten Sinne von den Strömen durchflossen werden, so dass der Zweigstrom die Wirkung des Hauptstromes schwächt. Die Widerstände und Windungszahlen sind so bemessen, dass bei der normalen Länge des Lichtbogens die Wirkung des Hauptstromes stärker ist als diejenige des Zweigstromes, da er einem Theile des Gewichtes der Kohlen und Kohlen-

hälter das Gleichgewicht zu halten hat. Infolge der eigenen Schwere berühren sich die Kohlenstäbe; tritt Strom in die Lampe, so ziehen die Spulen die Eisenkerne in sich hinein, die Kohlen werden mittelst der Klemmringe C_1 C_2 von einander entfernt, bis durch Wachsen des Bogens und dadurch bedingtes Wachsen seines

Fig. 37.



Widerstandes der Zweigstrom so stark wird, dass kein weiteres Heben des Eisenkernes erfolgt, also der Lichtbogen eine bestimmte Länge erreicht.

Nachdem der Hauptstrom die beiden Spulen, deren dicke Windungen einander parallel geschaltet sind, durchlaufen hat, gelangt er auf den Lampenkörper, von da durch feindrähtige (in der Figur nicht dargestellte) Metallpinsel auf die oberen Kohlenhälter, durch den Lichtbogen zur unteren Kohle und von da zur

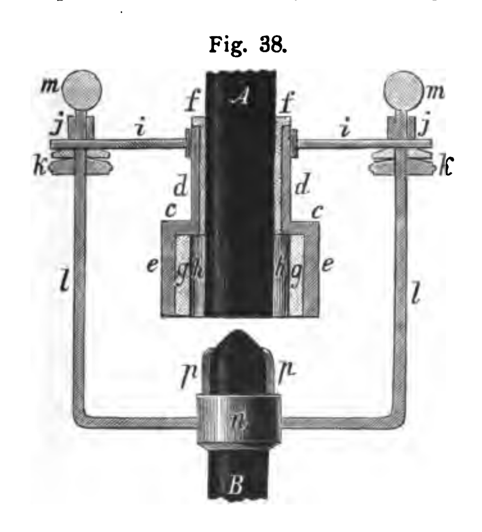
Ableitungsklemme. Die beiden vereinigten Eisenkerne F_1 F_2 wirken an einem einarmigen Hebel *L*; derselbe trägt an einem Ende eine Glycerindämpfung, ferner eine Spiralfeder *H*, durch die ein Theil des Gewichtes der Kohlen, Kohlenhälter u. s. w. ausgeglichen ist, und endlich nahe seinem Drehpunkte einen kleinen Rahmen *D*, durch den die Klemmringe C_1 und C_2 gehoben werden. Dadurch, dass der eine Einschnitt des Rahmens etwas weiter ist als der andere, wird bewirkt, dass die eine Kohle früher gehoben wird als die andere, weil der engere Einschnitt den in ihm liegenden Ring früher erfasst, als dies der weitere thut. Beim Abwärtsgehen des Rahmens wird diese zuletzt erfasste Kohle frei gemacht, während die andere noch festgeklemmt ist. Durch das Abbrennen der Kohlen würde der Lichtbogen länger und länger werden, wenn nicht in demselben Masse, als der Lichtbogenwiderstand steigt, die Zweigleitung mehr Strom erhielte und dadurch ein entsprechendes Sinken der Kohle bewirkt würde. So wird zunächst nur die eine Kohle nachregulirt, bis sie soweit abgebrannt ist, dass sich ein an der betreffenden Stange befindlicher Knopf auf das sie umgebende und auf dem Rahmen aufliegende Rohr *K* stützt. Die Kohle kann nun nicht weiter nachrücken.

Bei weiterem Abbrennen der Kohle und demzufolge durch die Spulen bewirktem Sinken des Rahmens wird der zweite Kohlenhälter frei gemacht; diese Kohlen kommen zur Berührung, der Lichtbogen geht auf diese über, und das Nachreguliren der zweiten Oberkohle nimmt seinen Verlauf, wie vorher für die erste. Damit sich die Kohlen beim Nachrücken nicht so schnell bewegen, sind die von den Klemmringen umgebenen Stangen ebenfalls mit Glycerindämpfung versehen.

Von anderer Seite wurde die Verlängerung der Brenndauer unter gleichzeitiger Verminderung des Kohlenverbrauches zu erreichen angestrebt. Hardt-

muth & Co. in Wien haben zur Erreichung dieses Zieles einen sogenannten »Dauerbrenner« construirt, welcher durch Umhüllung der oberen Kohle mit einem Schutzmantel das seitliche Abbrennen der Kohle verhindert. Als Ursache der Zuspitzung oder des seitlichen Abbrennens der oberen Kohle neben der Kraterbildung wird die nach aufwärts längs der Kohle gerichtete, durch die Spitze des Lichtbogens erzeugte Luftströ-

Fig. 38.



mung angesehen, welche das seitliche Abbrennen unter Vermittlung des Sauerstoffes der Luft bewirkt. Da nun der Schutzmantel diese Luftströmung verhindert, so wird hierdurch die Brenndauer des Kohlenstiftes entsprechend verlängert.

Der Dauerbrenner, Fig. 38, besteht aus einer Metallhülse *cc*, welche von den auf den kleinen Porcellanisolatoren *jj* aufliegenden Armen *ii* getragen wird. Im oberen Theile ist die Metallhülse mit einem Specksteincylinder *ff* ausgefüttert, welcher die Kohle *A*

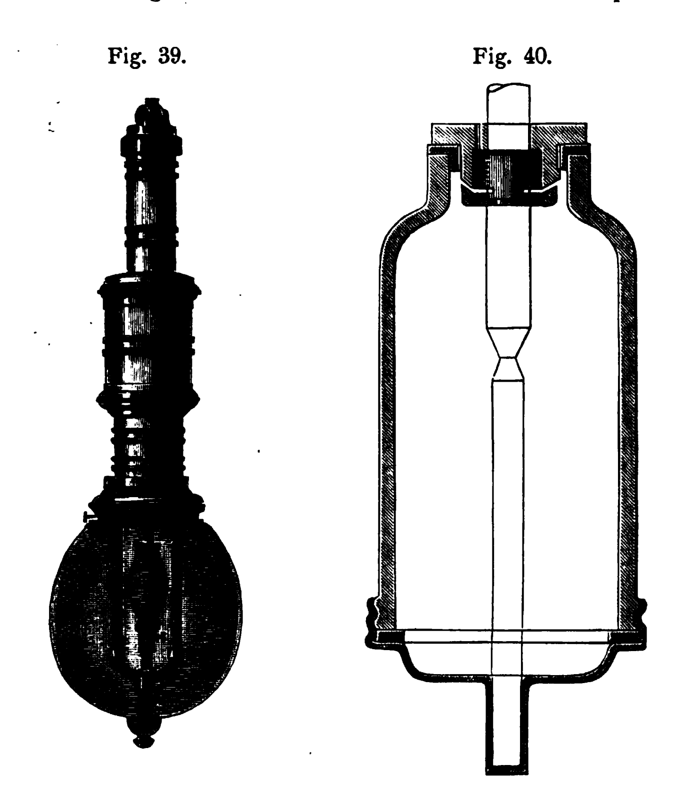
knapp, aber ohne Reibung, durchgleiten lässt. Der untere, erweiterte Theil der Metallfassung ist mit einem feuerfesten Cylinder *gg* ausgefüttert, welcher zwischen sich und der Kohle einen Hohlraum *hh* lässt, so dass also zwar eine Gasschichte das Kohlenende umgeben, aber fast keine Luftströmung entstehen kann. Der ganze Apparat wird von der unteren Kohle *B* unter Vermittlung des Metallringes *n* und des Bügels *ll* getragen, indem die am Ringe befestigten, mit ihren freien Enden nach Innen gebogenen Platinklammern *pp* sich auf das kegelförmig abbrennende Ende der negativen Kohle legen. Die Kohle *B* kann durch den Ring *n* frei gleiten, so dass also dieser, dem Abbrennen der Kohle folgend, herabsinkt. Der Bügel trägt an seinen oberen Enden Schraubengewinde, auf welchen die den Isolatoren als Unterlage dienenden Schraubenmuttern *kk* behufs Einstellung der Metallhülse *cc* zur unteren Kohle auf- und abbewegt werden können. Die Einstellung erfolgt bei Anbringung des Apparates ein für allemal in der Weise, dass die obere Kohle höchstens 1—3 mm aus der Hülse hervorragt.

Nach Angabe der Firma braucht bloss der feuerfeste Cylinder nach 500—800 Brennstunden erneuert zu werden, was im Vergleiche zu der bedeutenden Ersparung an Kohle — der Abbrand der oberen Kohle soll um 65%, jener der unteren um 35% vermindert werden — gar nicht in Betracht kommt.

Im selben Sinne, aber als noch weitergehend, sind jene Versuche zu bezeichnen, welche die Erzeugung des Lichtbogens in mehr oder weniger luftdicht abgeschlossenen Räumen bezwecken. Hierher gehört die in Fig. 39 abgebildete Lampe von L. B. Marks. Sie ist für den Betrieb mit 6 A und 85 V bestimmt, erhält Kohlen von 11 mm Durchmesser, von welchen die positive 30·5 cm und die negative 12 cm lang ist, und hat eine Brenndauer von 100—150 Stunden. Der Regulirungsmechanismus der Lampe ist ein sehr ein-

facher und bietet nichts Bemerkenswerthes. Die hier in Betracht kommenden wesentlichen Bestandtheile sind aus Fig. 40 zu erkennen, und erfordert speciell

Fig. 39. Fig. 40.



der Deckel des Gefässes, in welches die Kohlen eingeschlossen sind, Beachtung. Würde der Deckel nur eine einfache gerade Bohrung erhalten, welche gross genug ist, um die obere Kohle ohne Reibung durchgleiten zu lassen, auch mit Rücksicht auf kleine Ver-

schiedenheiten im Durchmesser der käuflichen Kohlen, so würde nach Ansicht des Erfinders eine viel zu beträchtliche Menge Sauerstoff Zutritt zur Kohle erhalten können. Der Deckel erhielt daher die abgebildete Construction. Er enthält an seiner Unterseite einen Cylinder von ungefähr 1·5 cm Länge, der an seiner Basis horizontale Durchbohrungen besitzt und im Innern zu einer Kammer ausgehöhlt ist, welche die obere Kohle umschliesst. Durch den Deckel selbst kann die Kohle frei durchgleiten. Die bald nach Ingangsetzung der Lampe aufsteigenden Gase können nicht direct entweichen, sondern gelangen erst in die erwähnte Kammer, mischen sich dort mit der Luft und hemmen das Einströmen derselben geradeso, wie diese das Ausströmen der Gase. In welcher Weise sich dies auf die Länge des Lichtbogens und auf die Form des Abbrennens der Kohlen geltend macht, ist aus Fig. 41 zu ersehen. *A* stellt die in freier Luft und *B* die im geschlossenen Ballon brennenden Kohlen dar für eine Stromstärke von 6 A und 85 V Spannung. In freier Luft glüht die positive Kohle in einem grossen Theile ihrer Länge, die negative Kohle ist abgerundet und der flackernde Bogen 15 mm lang. Im geschlossenen Ballon brennen beide Kohlen senkrecht zu ihrer Längsachse ab und der Lichtbogen ist 9 mm lang.

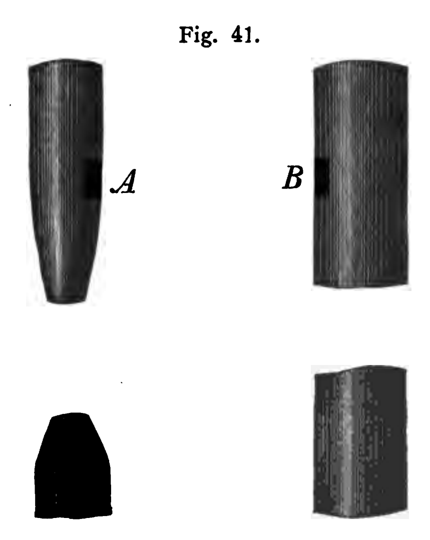
Durch die Lampe von Marks soll der Verbrauch an Kohle auf $^1/_{20}$ verringert werden, was auch eine entsprechend vereinfachte Bedienung mit sich bringt. Nicht zu übersehen ist aber der infolge der doppelt so hohen Betriebsspannung entsprechend erhöhte Energieverbrauch. Die Lampe soll speciell in New-York eine von Tag zu Tag zunehmende Verbreitung erlangen.

Da die künstliche Beleuchtung zumeist die Beleuchtung unterhalb der Lichtquelle befindlicher Objecte bezweckt, so müssen auch die Richtungen, unter

welchen die Lichtausstrahlung bei den künstlichen Lichtquellen erfolgt, in Betracht gezogen werden, und zwar um so mehr, wenn es sich um die Beleuchtung durch so intensive Lichtquellen, wie durch den Voltabogen handelt.

Wenn Bogenlampen mit Gleichstrom betrieben werden, so höhlt sich, wie bereits erwähnt, die posi-

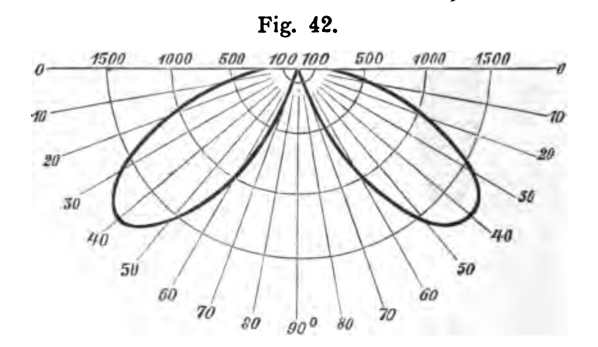
Fig. 41.



tive Kohle kraterförmig aus. Werden daher beide Kohlen vertical übereinander angeordnet und bildet die obere Kohle wie gewöhnlich die positive Kohle, so muss wegen der Schattenwirkung der unteren Kohle und ihres Trägers in der Verticalen nach abwärts die Lichtwirkung gleich Null sein; in horizontaler Richtung verhindert der Kraterrand die Lichtwirkung. Zwischen der Horizontalen und der Verticalen ungefähr unter einem Winkel von 50° ist der grösste Theil der Kraterfläche sichtbar und daher erfolgt auch in dieser

Richtung die intensivste Lichtwirkung. Um die Lichtwirkung nach allen Richtungen hin kennen zu lernen, schlägt man um den Mittelpunkt des Lichtbogens in verticaler Ebene einen Kreis und misst in diesem und um den Lichtbogen herum die Lichtstärke. Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, dass die Kohlen nicht schief, sondern gleichmässig abbrennen. Behufs graphischer Darstellung der Messungen zeichnet man ein Netz, bestehend aus concentrischen Kreisbögen für Intensitäten in der gewählten Lichteinheit und den

Fig. 42.



Radien zur Angabe der Neigungswinkel zur Horizontalen und trägt in dieses die gefundenen Messresultate ein. Für eine Gleichstrombogenlampe ohne Glasglocke erhält man dann die in Fig. 42 dargestellte Curve.*)

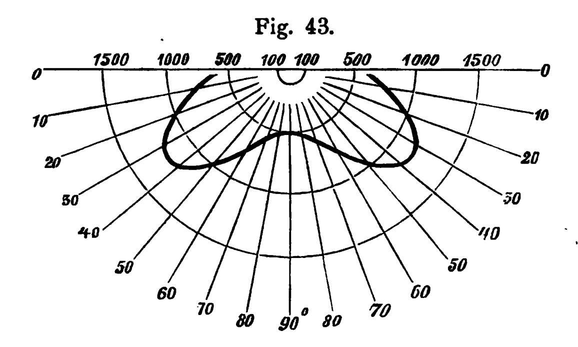
Da in der Praxis die Bogenlampen gewöhnlich mit matten Glaskugeln versehen werden, so möge bezüglich der Einwirkung der letzteren auf die Lichtwirkung der Lampe, vorgreifend einer weiter unten folgenden eingehenderen Erörterung, bereits hier bemerkt werden, dass durch die matte Glocke einerseits

*) J. Herzog und Cl. P. Feldmann: Vertheilung des Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen.

die Lichtvertheilung eine gleichmässigere wird, anderseits aber auch eine je nach der Glassorte mehr oder weniger grosse Lichtschwächung bewirkt wird. Ueber der Glaskugel wird häufig noch ein Reflector angebracht. Für eine derart ausgerüstete Lampe ist die in Fig. 43 dargestellte Curve erhalten.*)

Im Wechselstrombetriebe brennen die Lampenkohlen nicht so ungleichförmig wie im Gleichstrombetriebe ab. Sie spitzen sich vielmehr beide zu und es entsteht sowohl auf der oberen als auch auf der unteren

Fig. 43.



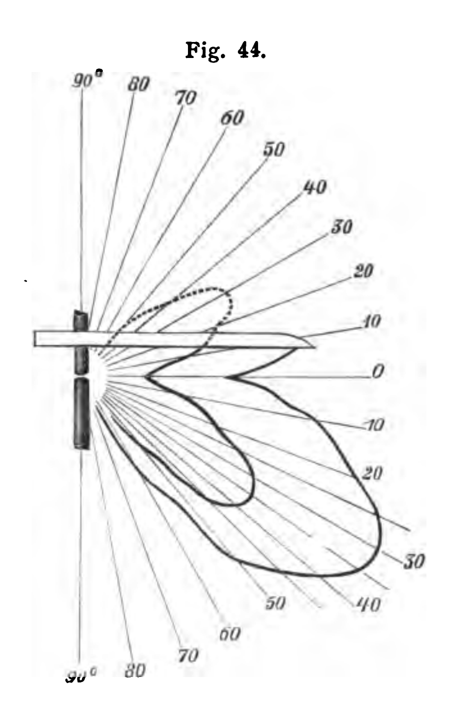
Kohle ein kleiner Krater und dementsprechend findet die Lichtaussendung sowohl nach oben als auch nach unten statt. Um nun auch beim Wechselstrom-Lichtbogen die grösste Lichtmenge nach abwärts zu werfen, wird oberhalb des Bogens nach dem Vorgange C. Coerper's heute ziemlich allgemein ein kleiner Reflector angewandt. Die Wirkung desselben erkennt man aus Fig. 44, in welcher die Intensitätscurven für Wechselstrom-Lichtbogen mit und ohne Reflector dargestellt sind.*)

---

*) J. Herzog und Cl. P. Feldmann: Vertheilung des Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen.

Mit Rücksicht auf die Schaltung der Bogenlampen unterscheidet man Hauptschluss-, Nebenschluss- und Differential-Lampen.*) Die Hauptschlusslampen werden hauptsächlich nur für grosse Einzellichter, z. B. bei Projectoren u. dgl. verwendet und können nur in Parallelschaltung betrieben werden. Desgleichen werden auch die Nebenschlusslampen gewöhnlich in Parallelschaltung betrieben, doch können sie auch zu zweien oder eventuell zu dreien hintereinander geschaltet werden. Die Differentiallampen eignen sich zur Hintereinanderschaltung in grösserer Anzahl. Beim Erlöschen oder Abstellen einer solchen Lampe wird ein kurzer Schluss hergestellt. Sollen Differentiallampen in Parallelschaltung betrieben werden, was ohne Weiteres erfolgen kann, so muss jedoch für das Erlöschen oder Abstellen einer Lampe an Stelle des Kurzschlusses eine Stromunterbrechung bewirkt werden.

Fig. 44.



*) Elektrotechn. Bibl. Bd. III: Das elektrische Licht, S. 109.

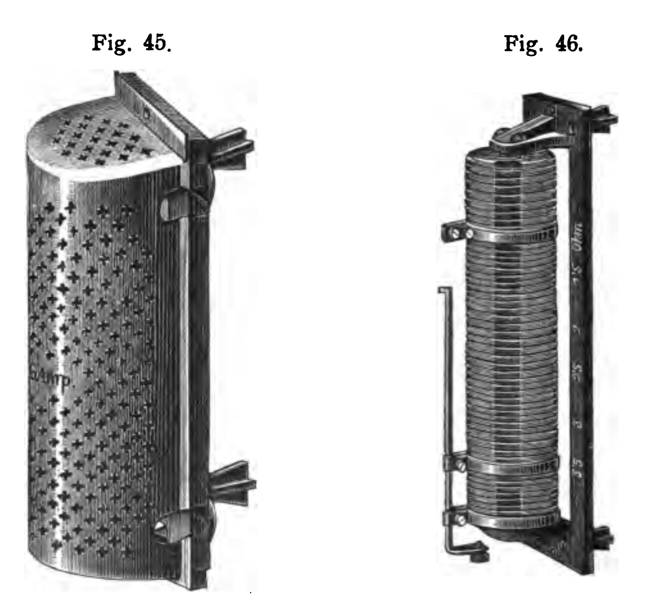
Sowohl die Haupt- als auch die Nebenschlusslampe erfordert, falls sie ruhig brennen soll, einen Beruhigungs- oder Vorschaltwiderstand, dessen Grösse sich aus der Betriebsspannung und den für die Lampe geltenden Stromgrössen leicht berechnen lässt. Erfordert z. B. die Hauptschlusslampe 8 A und 40 V und soll dieselbe mit einem Strome von 60 V betrieben werden, so ist der erforderliche Beruhigungswiderstand $\frac{60 - 40}{8} = 2{\cdot}5$ O. Durch den Beruhigungswiderstand erfolgt natürlich eine nutzlose Verzehrung elektrischer Energie durch Umwandlung in Wärme statt, was aber mit Rücksicht auf die verhältnissmässig geringen Kosten des Bogenlichtes nicht sehr in Betracht kommt.

Die Nebenschlusslampen werden häufig zusammen mit Glühlampen betrieben. Da nun letztere gegenwärtig in Leitungsnetze mit 110 V geschaltet werden, die Bogenlampen aber zumeist weniger als die halbe Betriebsspannung erfordern, so werden letztere gewöhnlich zu zwei hintereinander geschaltet. Da sie dann zusammen auch erst 80 bis 84 V erfordern, so müssen durch den Beruhigungswiderstand immerhin noch 30 bis 26 V verzehrt werden. Parallel zu einem derartigen Glühlampenstromkreise nur eine Bogenlampe zu schalten und dementsprechend den Vorschaltewiderstand zu bemessen, ist praktisch wegen zu bedeutender Energievergeudung nicht zulässig.

Zur Herstellung der Beruhigungswiderstände verwendet man am besten Neusilberdrähte (Nickelin u. s. w.) und befestigt dieselben auf unverbrennlichen, isolirenden Körpern. Die Verwendung von Eisendrähten ist nicht zu empfehlen, da diese mehr Raum erfordern und daher der Vortheil des billigeren Materials durch den Nachtheil der kostspieligeren Unterbringung und Montirung aufgewogen wird. Den Widerstand des Drahtes berechnet man in der angegebenen Weise. Der Quer-

schnitt des Drahtes muss natürlich der Stromstärke, die er auszuhalten hat, entsprechend bemessen sein und wird für ein bestimmtes Widerstandsmodell am zweckmässigsten durch Ausprobiren festgesetzt. Berechnung führt nicht zum gewünschten Ziele, da hierbei auf die Art der Abkühlung der Drähte für ver-

Fig. 45. Fig. 46.

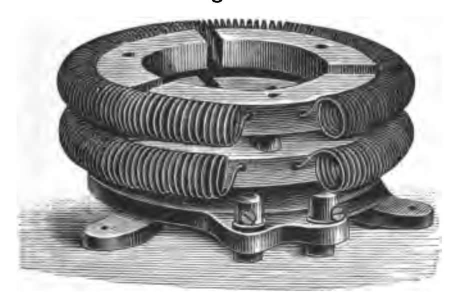


schiedene Anordnungen und Formen keine entsprechende Rücksicht genommen werden kann. Die Drahtstärke muss so bemessen sein, dass sich der Draht bei normalem Betriebe nur mässig erwärmt, in keinem Falle aber glühend werden kann. Selbstverständlich ist der ganze Apparat feuersicher herzustellen und soll möglichst compendiös sein.

In den Figuren 45 und 46 sind Vorschaltwiderstände der Berliner Allgemeinen Elektrici-

täts-Gesellschaft für 7 A und ungefähr 5·7 O mit einer durchlochten Blechkapsel als Schutzgehäuse versehen und für 10 A und ungefähr 3·4 O ohne Schutzgehäuse abgebildet. Auf einem gusseisernen mit Eisendübeln versehenen Rahmen ist ein Porzellancylinder befestigt, der behufs besserer Abkühlung der um ihn gewundenen Drähte mit mehreren breiten Längsrinnen versehen ist. Da zuweilen ein Reguliren des Widerstandes erwünscht ist, so ist ein Klemmring vorgesehen, welcher sich auf dem Cylinder und über den daraufgewundenen Widerstandsdraht verschieben lässt.

Fig. 47.



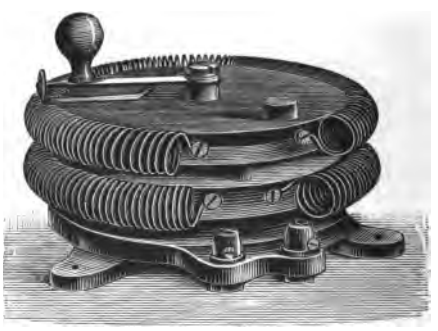
Die Formen, welche Voigt & Haeffner ihren nicht regulirbaren und regulirbaren Vorschaltwiderständen geben, sind aus den Figuren 47 und 48 zu entnehmen. Die Drähte sind in Spiralen gewunden und diese werden in die Nuthen von Kreisscheiben aus Porzellan eingelegt, die auf Eisen montirt sind. Beim regulirbaren Widerstand kommt hierzu noch eine Schleifkurbel, die auf der Drahtspirale gleitet.

Bei Betrieben mit Wechselstrom bedient man sich an Stelle dieser Ohm'schen Widerstände mit Vortheil sogenannter Drosselspulen, die nur einen scheinbaren, inductiven Widerstand darstellen. Eine solche

Drosselspule, wie sie z. B. von der Firma Kremenezky, Mayer & Co. zur Anwendung gelangt, ist in Fig. 49 abgebildet. Den Energieverlust, der durch Einstellung solcher Drosselspulen verursacht wird, schätzt man auf ungefähr 6 Procent, während die gewöhnlichen Widerstände 30 und bis zu 50 Procent Energieverlust bewirken können.

Da die Elektricitätswerke mit Rücksicht auf die gegenwärtig in der Regel benützten Glühlampen mit einer Consumspannung von ungefähr 110 V arbeiten,


Fig. 48.



so müsste in jenen Fällen, in welchen man nur eine Bogenlampe brennen will, durch den Vorschaltwiderstand eine unverhältnissmässig grosse Energie nutzlos verbraucht werden. In einzelnen Fällen wird man zwar diesen Widerstand in die Leitung selbst verlegen können, indem man dieselbe aus Eisendraht herstellt; ist dies aber nicht ausführbar, so kann man als einen nutzbringenden Widerstand Glühlampen, die mit zur Beleuchtung verwendet werden, vorschalten. Die Glühlampen sind dann so zu wählen, dass sie mit der Bogenlampe zusammen die im Leitungsnetze herrschende Spannung erfordern. Man nimmt also z. B. für

eine Bogenlampe mit 40 V Glühlampen mit 65 V, wenn die Betriebsspannung 105 V beträgt, und schaltet so viele Glühlampen parallel, dass ihre Stromstärken zusammengenommen gleich sind der für die Bogen-

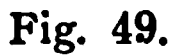
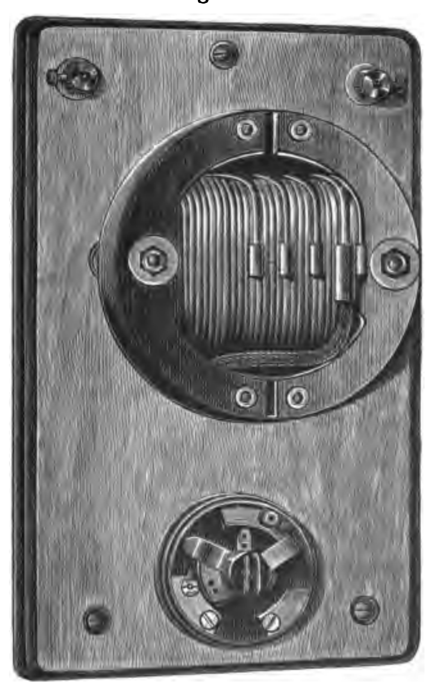


Fig. 49.



lampe erforderlichen Stromstärke. Nach eingehenden Untersuchungen von C. Heim sind bei Anwendung guter, häufig regulirender Bogenlampen die durch das Reguliren der letzteren bewirkten Schwankungen in der Lichtstärke der Glühlampen so gering, dass sie mit dem Auge nicht wahrgenommen werden.

Eine Schwierigkeit ergibt sich beim Angehen der Bogenlampe dadurch, dass sie zunächst nicht die richtige Spannung und Stromstärke erreicht, sondern hierzu erst gelangt, bis sich der Bogen in normaler Länge gebildet hat. Die vorgeschalteten Glühlampen erhalten daher anfänglich zu hohe Spannung, was ihre Lebensdauer beeinträchtigt. Um dies zu vermeiden, muss beim Einschalten ein kleiner Ballastwiderstand vorgeschaltet werden, der erst dann wieder auszuschalten ist, wenn die Bogenlampe normal brennt. Es ist zweckmässig, eine Bogenlampe zu wählen, bei welcher durch Stromschluss ein entsprechend weites Auseinanderziehen der Kohlen erfolgt, damit die Regulirung sofort in Thätigkeit tritt. Der Ballastwiderstand kann ungefähr 5 Minuten nach Einschalten der Lampen wieder ausgeschaltet werden und muss so viel Volt verzehren, dass die Spannung an den Glühlampen beim Anbrennen der Bogenlampe die normale Höhe nicht übersteigen kann. Er wird also bei den gebräuchlichen Lampen und Spannungen ungefähr 5 V zu verzehren haben.

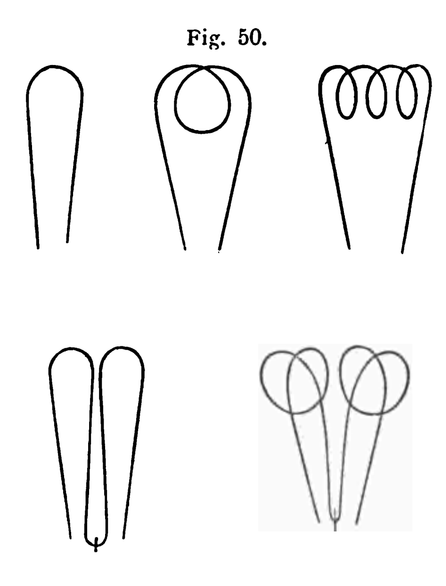
Die Glühlampen brennen allerdings nicht mit der bei ihrer gewöhnlichen Betriebsweise gleich bleibenden Spannung und erreichen daher auch nicht dieselbe Lebensdauer. Auch können Schwankungen noch dadurch hervorgerufen werden, dass Funken von den Bogenlichtkohlen abspringen. Diese Umstände, die eine Kostenfrage bilden, können jedoch nicht im Vorhinein gegen die Anwendung der gemischten Schaltung geltend gemacht werden.

3. Die Glühlampen.

Das Glühlicht kommt in der Weise zu Stande, dass ein Leiter in Folge seines hohen Leitungswiderstandes durch den durchgesandten elektrischen Strom zum Glühen erhitzt und dadurch zum Leuchten ge-

bracht wird, während die übrigen Theile des Stromkreises ihres geringen Leitungswiderstandes wegen ihre Temperatur nicht wahrnehmbar erhöhen.*) Als zweckmässigstes Material für den Glühkörper ist die Kohle erkannt worden, und da dieselbe in freier Luft beziehungsweise bei Anwesenheit von Sauerstoff rasch verbrennen würde, schliesst man sie bei Abschluss von

Fig. 50.



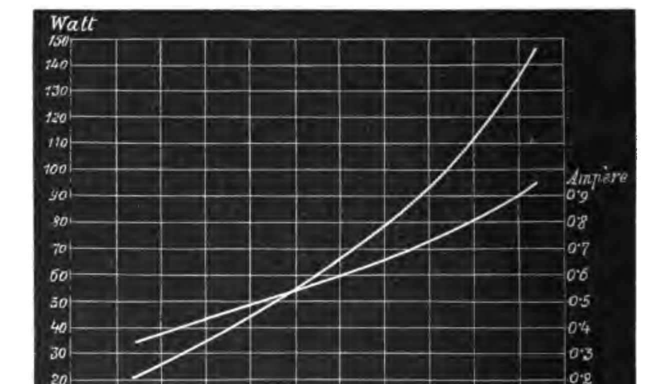
Sauerstoff in kugel- oder birnförmige Glaskörper luftdicht ein. Da ferner ein Körper desto heller leuchtet, je höher seine Temperatur ist, und letztere wieder unter sonst gleichen Umständen desto höher ansteigt, je weniger Wärme der glühende Körper an seine Umgebung abgibt, so füllt man den Glaskörper nicht mit irgendeinem indifferenten Gase, sondern macht,

*) Elektrotechn. Bibl. III. 3. Aufl. Seite 5 u. ff.

um jede zwecklose Wärmeableitung zu vermeiden, den Glaskörper möglichst luftleer.

Die Form, welche man der für die Glühlampen bestimmten Kohle gibt, ist die eines haarfeinen Fadens oder Drahtes, welchen man bei den gewöhnlichen Glühlampen in die Gestalt eines einfachen Bügels, einer Schlinge oder einer Spirale bringt, während man

Fig. 51.



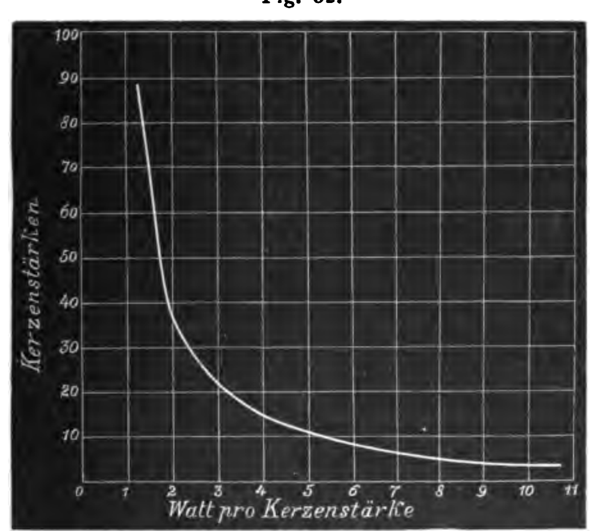
bei den hochvoltigen Lampen zumeist Doppelbügel dieser Art verwendet, wie dies aus Fig. 50 entnommen werden kann.

Die Glühlampen werden zwar für bestimmte Lichtstärken verfertigt, können aber mit verschiedenen Lichtstärken brennen, wenn man sie mit verschiedener Spannung brennt. Hierbei ändert sich auch die Stromstärke und natürlich auch der Energie- oder Wattverbrauch. Feldmann und Nagtglas haben die zwischen Stromstärke, Spannung und Energieverbrauch

bestehenden Verhältnisse experimentell geprüft, und sind letztere durch die Curven in Fig. 51 dargestellt. Diese Curven beziehen sich auf eine Glühlampe, welche bei 100 V ungefähr 16 Kerzen Leuchtkraft besitzt.

Die Temperatur eines glühenden Körpers steigt wegen der zunehmenden Wärmeabgabe langsamer als

Fig. 52.



der Energieverbrauch oder die erzeugte Wärme. Schneller als die Temperatur steigt aber die Menge der leuchtenden Strahlen, welche der glühende Körper aussendet, daher wächst auch die Lichtstärke der Glühlampe rascher als die ihr zugeführte elektrische Arbeit; sie wächst ungefähr in der dritten Potenz derselben. Auch dieses Verhältniss ist aus der graphischen Darstellung deutlich zu ersehen, wenn man hierbei die pro Kerzenstärke verbrauchten Watt auf der einen und die da-

zu gehörigen Lichtstärken in Kerzenstärken auf der anderen Axe des Coordinaten-Systemes aufträgt. In Fig. 52 sind die Watt als Abscissen und die Lichtstärken als Ordinaten aufgetragen. Die Curve lehrt, dass die Leuchtkraft der Lampe viel rascher wächst als der für die Lichteinheit erforderliche Energiebedarf; die Lampe wird daher desto wirthschaftlicher brennen, je höher die Temperatur ist, zu welcher der Kohlenfaden erhitzt wird.

Für die Construction und den Betrieb der Glühlampen kommt jedoch noch ein anderer Umstand in Betracht. Obwohl der Kohlenfaden durch Abschliessen desselben von der Luft, beziehungsweise ihrem Sauerstoffgehalte, gegen Verbrennen geschützt ist, so bleibt er doch unter der Einwirkung des elektrischen Stromes nicht unverändert, sondern nimmt an seinem Volumen ab, indem Kohlentheilchen von ihm abgerissen und an der Innenfläche des den Kohlenfaden umschliessenden Glasgefässes niedergeschlagen werden. Dies hat einerseits zur Folge, dass das Glas erst gelblich und später bräunlich oder schwärzlich und dadurch weniger durchlässig für das Licht wird und anderseits, dass der Querschnitt des Kohlenfadens und daher auch seine Oberfläche eine Verminderung erleidet. Auch hierdurch wird, wie weiter unten noch näher erläutert werden soll, die Leuchtkraft der Lampe herabgedrückt. Bei weiterem Betriebe der Lampe schreitet dann die Querschnittsverminderung fort, bis endlich der Kohlenfaden an der dünnsten Stelle gänzlich durchbrennt. Der geschilderte Vorgang, der sich um so rascher abspielt, je höher die Temperatur ist, zu welcher der Kohlenfaden erhitzt wurde, begrenzt somit die Lebensdauer der Glühlampe. Da nun nach vielfach angestellten Versuchen die Lebensdauer der Glühlampen viel rascher zunimmt als die pro Kerze erforderliche Energie, so muss für den wirthschaftlichen Betrieb der Glühlampen auch deren Lebensdauer entsprechend berücksichtigt werden.

Viel rascher als die in Folge der Querschnittsverringerung erfolgende Verringerung des Energieverbrauches erfolgt die Abnahme der Leuchtkraft der Glühlampen und dies hat zur Folge, dass mit der Zunahme der Brenndauer eine Steigerung des auf eine Kerzenstärke entfallenden Energieverbrauches eintritt. Besonders auffällig tritt diese Erscheinung bei solchen Lampen zu Tage, welche zu Beginn ihres Brennens eine geringe Anzahl von Watt pro Kerze erfordern.

C. Feldmann*) machte diese Verhältnisse zum Gegenstande eingehender Untersuchungen, die sich zwar nur auf Lampen einer bestimmten Fabrikation erstreckten, trotzdem aber allgemeine Giltigkeit besitzen, da sie auch durch anderweitige Versuche bestätigt worden sind. Die von Feldmann untersuchten Lampen wurden in drei Gruppen getheilt, deren I. einen mittleren Anfangsverbrauch von 1·72 W, deren II. einen solchen von 2·76 W und deren III. einen Verbrauch von 3·32 W pro Hefnerkerze aufwies. Bei der normalen Spannung von 72 V waren hierbei die anfänglichen mittleren Lichtstärken für die I. Gruppe 20·9, für die II. Gruppe 16·66 und für die III. Gruppe 16·0 Hefnerkerzen.

Aus den mit diesen Lampen angestellten Dauerversuchen ergab sich, dass zwar auch bei Lampen mit Anfangs niedrigem Energieverbrauche die absolute Lebensdauer eine hohe sein kann, dass aber gegen das Ende derselben eine so bedeutende Abnahme der Leuchtkraft eintritt, dass diese Lampen unmöglich bis zur vollständigen Zerstörung des Kohlenfadens ausgenützt werden können. Setzt man aber als unterste zulässige Grenze der Leuchtkraft z. B. 50% der Anfangshelligkeit fest, so beträgt die entsprechende praktische Lebensdauer bei der I. Gruppe etwa

*) Elecktrotechnische Zeitschrift XIII. 667.

110, bei der II. Gruppe 325 und bei der III. Gruppe 1050 Stunden.

Abgesehen davon, dass die Lampen der Gruppe III sich in Bezug auf die Constanz der Leuchtkraft als die günstigsten erweisen, erreichen sie schon nach etwa 130 Stunden, beziehungsweise 170 Stunden gleiche Wirthschaftlichkeit mit den Lampen der Gruppen I und II. Nach Ueberschreitung dieser Brenndauer jedoch arbeiten sie bedeutend wirthschaftlicher, als die beiden anderen Gruppen.

Die Versuche Feldmann's u. A. ergeben übereinstimmend, dass von den gegenwärtig gebräuchlichen Glühlampen in der Regel jene vorzuziehen sind, welche einen Anfangsverbrauch von 3—3·5 W pro Kerze erfordern. Es wird dies klar ersichtlich, wenn man die Mittelwerthe aller Versuche, welche von Thomas, Martin und Hassler in Amerika und Haubtmann in Paris durchgeführt wurden, mit den Resultaten Feldmann's zusammenstellt. Die Tabelle auf Seite 129 enthält die Mittelwerthe für mehr als 500 Lampen, welche 28 verschiedenen Fabriken entstammen und 49 verschiedenen Typen entsprechen.

Die graphische Darstellung der Werthe dieser Tabelle in den Figuren 53 und 54 lässt erkennen, dass in Bezug auf die Constanz der Leuchtkraft die Lampen der drei letzten Gruppen nahezu gleichwerthig sind; da jedoch die procentuale Zunahme des Energieverbrauches pro Kerze für diese Gruppen ebenfalls die gleiche ist, werden die absoluten Werthe des Energieaufwandes bei den letzten zwei Gruppen höher sein als bei der drittletzten. Von den untersuchten 49 Sorten ergeben also jene 6, deren mittlerer Anfangsverbrauch 3·4 W pro Kerze war, sowohl in Bezug auf Constanz der Leuchtkraft als auch in Bezug auf Zunahme des Energieverbrauches pro Kerze die günstigsten Resultate.

Dass in Fig. 54 die Lampen mit 4·5 W zu Anfang der Brenndauer stärkeren Helligkeitsverlust auf-

Brenndauer in Stunden		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Anfangsverbrauch 2·0 bis 2·5 W pro Kerze	Helligkeit in Procent der Anfangslichtstärke . .	100	84	70	59	53	48	45	41	39	38	37	36	35
	W pro Kerze .	2·4	2·8	3·3	3·7	4·2	4·6	4·8	5·2	5·3	5·5	5·7	5·7	5·8
2·5—3·0 W pro Kerze	Helligkeit in Procent der Anfangslichtstärke . .	100	93	85	81	76	71	67	64	62	59	56	53	50
	W pro Kerze .	2·9	3·0	3·3	3·5	3·8	4·0	4·2	4·4	4·7	5·0	5·3	6·0	6·3
3·0—3·5 W pro Kerze	Helligkeit in Procent der Anfangslichtstärke . .	100	95	91	88	84	79	76	72	69	67	64	62	59
	W pro Kerze .	3·3	3·4	3·5	3·6	3·7	3·9	4·1	4·2	4·4	4·7	5·0	5·4	5·6
3·5—4·0 W pro Kerze	Helligkeit in Procent der Anfangslichtstärke . .	100	96	91	86	81	77	73	69	66	63	60	58	56
	W pro Kerze .	3·8	4·1	4·3	4·5	4·7	5·0	5·3	5·6	5·9	6·1	6·3	6·5	6·7
Ueber 4·0 W pro Kerze	Helligkeit in Procent der Anfangslichtstärke . .	100	96	92	87	82	75	72	68	65	62	60	58	56
	W pro Kerze .	4·5	4·7	4·9	5·2	5·4	5·8	6·1	6·4	6·8	6·9	7·0	7·1	7·1

weisen als die Lampen mit 4 W, dürfte auf die Minderwerthigkeit der in der Tabelle berücksichtigten

Fig. 53.

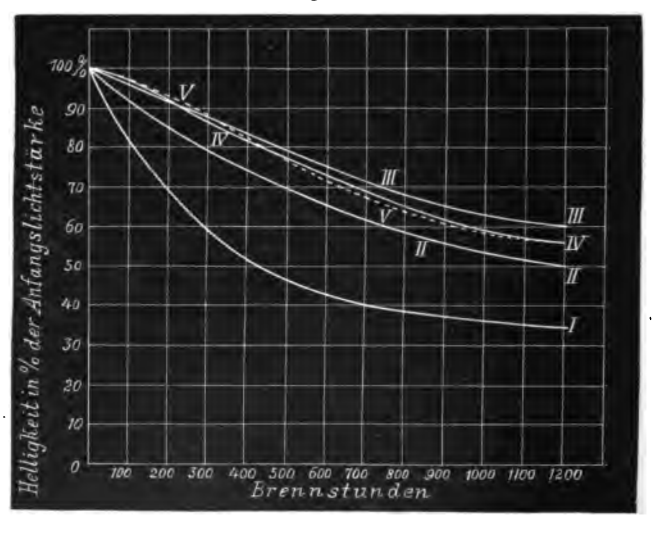
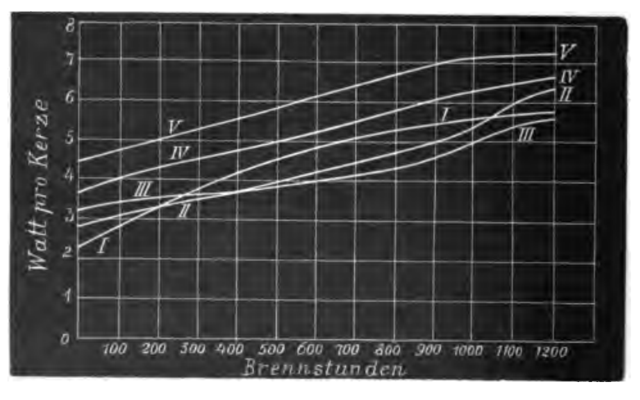


Fig. 54.



Lampen mit $4^1/_2$ W, die alle amerikanischen Ursprungs waren, zurückzuführen sein.

Neben der Wirthschaftlichkeit wirken aber auch noch die Dimensionen des Kohlenfadens und die Luftverdünnung im Glasgefässe, sowie auch die Betriebsverhältnisse bestimmend auf die Lebensdauer der Lampen ein. Dies gilt ganz besonders in Bezug auf die Betriebsspannung, so zwar, dass eine dauernde Erhöhung der Spannung, für welche die Lampe bestimmt ist, um nur 2 bis 3 Procent schon eine merkbare Abkürzung der Lebensdauer nach sich zieht. Edisonlampen, die Wilhelm v. Siemens mit einer um ein Viertel erhöhten Spannung brannte, waren in 13 Stunden sämmtlich durchgebrannt und bei Erhöhung der Spannung, um beiläufig die Hälfte, gehen die Lampen gewöhnlich innerhalb einer Stunde zu Grunde. Den Schwankungen der Stromstärke entsprechen Schwankungen in der Temperatur des Kohlenfadens, welche die Lebensdauer der Lampen verkürzen. Trotzdem übt aber der Betrieb der Glühlampen mit Wechselströmen nicht diesen schädlichen Einfluss aus, wie anderweitige Stromschwankungen, da der Polwechsel zu rasch erfolgt, als dass sich eine Temperaturverminderung geltend machen könnte, die mit Rücksicht auf die hohe Temperatur des Fadens irgendwie in Betracht kommen könnte.

Da das Zerstören des Kohlenfadens durch Abreissen von Kohlentheilchen, und zwar in überwiegender Menge vom negativen Pole aus, also in Form einer einseitigen Einwirkung vor sich geht, diese aber durch die Anwendung der Wechselströme verhindert wird, so müsste von diesem Standpunkte aus der Betrieb mit Wechselströmen für die Lebensdauer der Glühlampen sogar vortheilhafter erscheinen, als jener mit Gleichströmen.

Unter sonst gleichen Umständen dürften Lampen, die mit Accumulatorenstrom brennen, der ein voll-

kommen gleichmässiger ist, die längste Lebendauer erreichen.

In ähnlicher Weise wie von den Bogenlampen, wenn auch nicht mit so bedeutenden Unterschieden, wie namentlich beim Betriebe mit Gleichstrom, werden auch von den Glühlampen nach den verschiedenen Richtungen verschiedene Mengen von Lichtstrahlen ausgesandt, was bei diesen Lampen durch die Form des leuchtenden Kohlenfadens bedingt ist.

Um die Lichtstärke oder die Leuchtkraft einer Glühlampe genau angeben zu können, muss daher die photometrische Messung bei einer ganz bestimmten Stellung der Lampe zum Photometer, welche als Normalstellung gilt, vorgenommen werden, wodurch man die normale Lichtstärke erhält, oder man misst rund um die Lampe herum und nimmt das Mittel aus allen diesen Messungen als mittlere Lichtstärke. Als Normalstellung kann man jene Stellung der Lampe annehmen, bei welcher die Ebene des Kohlenfadens senkrecht auf der Längsachse der Photometerbank steht.

Zur Bestimmung mittlerer Lichtstärken denkt man sich um die in der Normalstellung befindliche Glühlampe eine Kugel, deren Mittelpunkt mitten zwischen beiden Schenkeln und in der halben Länge des Kohlenfadens gelegen ist.

Auf der Kugel selbst nimmt man Meridiane und Parallelkreise an. Misst man hierauf am Aequator die Lichtstärken für alle Meridiane und sucht aus diesen Messungen das Mittel, so erhält man die mittlere horizontale Leuchtkraft der Lampe. Wollte man die mittlere Lichtstärke für die gesammte Lichtausstrahlung oder die mittlere sphärische Leuchtkraft angeben, so hätte man die Messungen nicht nur auf alle Meridiane am Aequator, sondern auch auf diese Meridiane in den Parallelkreisen auszudehnen und von sämmtlichen Messungen das Mittel zu nehmen.

Die Figuren 55 und 56*) zeigen den Verlauf der für die verschiedenen Längengrade des Aequators ermittelten Leuchtkräfte für eine Edison- und für eine Swanlampe und die Kohlenfäden in ihrer relativen Lage zum Photometer im Aufrisse und Grundrisse. Ausserdem deuten die gezogenen Kreise die nominelle, die gestrichelten Kreise die horizontale und die punktirten Kreise die sphärische Leuchtkraft an, und schliesslich

Fig. 55.

sind für jeden Meridian die am Aequator ermittelten Leuchtkräfte dargestellt.

Was die Qualität der verschiedenen auf den europäischen Markt gebrachten Glühlampen anbelangt, geben die nachstehenden Tabellen Aufschluss, welche auf Grund der von D. Paislay**) durchgeführten Dauerversuche aufgestellt worden sind.

*) Herzog-Feldmann: Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze.

**) Elektrotechn. Zeitschrift. XVI. 658.

Namen der Fabrikanten	Ablesung Anfang der Untersuchung: Durchschnitt pro Lampe			Ablesung nach 350 Stunden				Ablesung nach 600 Stunden			
	Ampère	N K	Watt pro NK	Anzahl der Lampen	Durchschnitt pro Lampe: Ampère	N K	Watt pro NK	Anzahl der Lampen	Durchschnitt pro Lampe: Ampère	N K	Watt pro NK
Allgem. Elektricitäts Gesellschaft Berlin	0·28	8	3·50	6	0·30	7	4·28	6	0·28	6	4·66
Kremenezky Maier & Co., Wien	0·31	$8^1/_3$	3·72	(1) 5	0·31	$7^3/_4$	4·00	5	0·31	$7^1/_4$	4·24
Constantia Co., Venloo	0·29	$8^2/_3$	3·35	(2) 4	0·29	$7^1/_3$	3·90	(8) 3	0·29	7	4·14
»Daylight« Londoner Agentur .	0·31	$7^4/_5$	3·96	6	0·33	$7^4/_5$	4·23	6	0·33	$7^1/_4$	4·55
Fleischhacker & Co., Dresden .	0·38	$10^1/_2$	3·60	(3) 3	0·38	8	4·75	(9) 2	0·36	$7^3/_4$	4·64
Gabriel & Angenault, Paris . .	0·31	10	3·10	6	0·32	$8^1/_2$	3·78	6	0·32	$7^1/_2$	4·26
Hard & Co, Zürich	0·30	$7^1/_8$	4·21	(4) 5	0·32	$7^1/_4$	4·42	5	0·32	7	4·57
Phaeton Co., Londoner Agentur	0·37	$7^1/_5$	5·16	6	0·40	$6^1/_4$	6·40	6	0·39	$5^3/_4$	6·78
Gebrüder Pintsch, Berlin . . .	0·34	10	3·36	(5) 5	0·37	$9^1/_3$	4·00	5	0·34	$7^1/_2$	4·53
Pope & Goosens, Venloo . . .	0·30	8	3·75	6	0·33	8	4·12	6	0·32	$7^1/_4$	4·47
Robertson, London	0·35	$8^1/_2$	4·09	(6) 5	0·35	8	4·37	5	0·34	$7^1/_2$	4·53
Gebrüder Siemens & Co., Berlin	0·35	$9^3/_4$	3·58	6	0·36	8	4·50	(10) 5	0·36	$7^1/_4$	5·00
Sunbeam & Co, Gateshead . .	0·38	$8^1/_4$	4·58	6	0·41	8	5·12	6	0·40	$7^1/_3$	5·41
Stearn, Zürich	0·31	$9^3/_4$	3·20	6	0·34	$8^3/_4$	3·86	(11) 5	0·33	$7^1/_4$	4·40
Edison & Swan Co., London (alte Fabrikationsmethode)	0·41	$8^1/_2$	4·82	6	0·40	8	5·00	6	0·43	8	5·37
Edison & Swan Co., London (neue Methode	0·37	$7^1/_2$	4·93	(7) 4	0·37	$7^1/_4$	5·10	4	0·39	7	5·37

Anmerkung: Von jeder Firma wurden 6 Lampen für 100 V und mit 8 N K den Versuchen unterworfen. Es brannten Lampen aus: (1) 1 bei 197 Stunden; (2) 1 bei 198, 1 bei 206; (3) 2 bei 151, 1 bei 267; (4) 1 bei 289; (5) 1 bei 344; (6) 1 bei 341; (7) 1 bei 295, 1 zufällig gebrochen bei 350 St.; (8) 1 ausgebrannt bei 445 St. (9) 1 bei 433; (10) 1 bei 440, (11) 1 Fassung zerbrochen bei 547 Stunden.

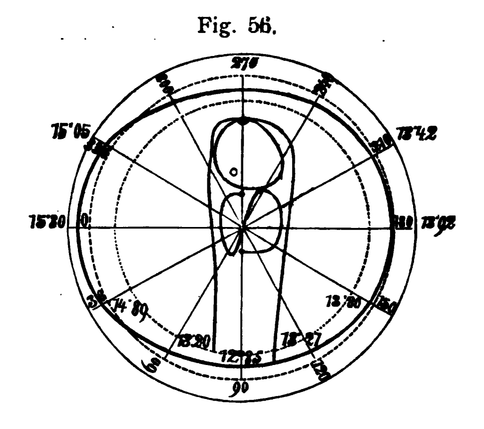
Namen der Fabrikanten	Ablesung Anfang der Untersuchung: Durchschnitt pro Lampe: Ampère	NK	Watt pro NK	Ablesung nach 350 Stunden: Anzahl der Lampen	Durchschnitt pro Lampe: Ampère	NK	Watt pro NK	Ablesung nach 600 Stunden: Anzahl der Lampen	Durchschnitt pro Lampe: Ampère	NK	Watt pro NK
Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft Berlin	0·65	14	4·64	6	0·67	15	4·46	6	0·67	14 1/4	4·70
Kremenezky, Maier & Co., Wien	0·52	12	4·33	6	0·53	15 1/2	3·42	6	0·53	12	4·41
Constantia Co., Venloo	0·51	17 1/4	3·00	(1) 4	0·53	15	3·53	(8) 1	0·54	13 3/4	3·94
»Daylight«, Londoner Agentur	0·49	13 1/2	3·70	(2) 5	0·53	15 1/4	3·47	5	0·53	14 1/4	3·70
Fleischhacker & Co., Dresden	0·60	17	3·53	(3) 2	0·61	13 1/2	4·52	2	0 60	12 3/4	4·71
Gabriel & Angenault, Paris	0·49	16	3·06	(4) 5	0·63	16 1/2	3·82	5	0·49	13	3·75
Hard & Co., Zürich	0·52	13 1/4	3·87	6	0·75	15	3·80	6	0·55	13 2/3	4·04
Phaeton Co., Londoner Agentur	0·66	18 1/3	3·61	(5) 4	0·67	13 1/4	5·05	(9) 3	0·68	14	4·85
Gebrüder Pintsch, Berlin	0·59	17	3·46	6	0·63	15	4·20	6	0·61	14	4·37
Pope & Goosens, Venloo	0·52	14 1/2	3·64	6	0·57	15	3·80	6	0·57	14	4·07
Robertson, London	0·56	15	3·73	6	0·57	15	3·80	6	0·57	14 1/2	4·00
Gebrüder Siemens & Co., Berlin	0·57	15	3·80	6	0·56	15 1/2	3·61	6	0·55	12	4·58
Sunbeam & Co., Gateshead	0·61	14	4·35	6	0·65	11 1/2	5·65	6	0·64	10 1/3	6·21
Sturm & Co., Wien	0·54	11 2/3	4·63	6	0·59	12 1/2	4·72	(10) 5	0·59	12	4·91
Stearn, Zürich	0·52	15	3·46	6	0·53	13	4·07	6	0·52	12	4·33
Svea Co., Schweden	0·51	15 3/4	3·24	(6) 5	0·51	11	4·64	5	0·50	9	5·55
Edison & Swan Co., London (alte Methode der Fabrikation)	0·60	16	3·75	6	0·61	15 1/3	4·00	6	0·64	14 1/4	4·49
Edison & Swan Co., London (neue Methode)	0·56	15	3·73	(7) 5	0·57	14 1/2	3·92	5	0·59	14	4·21

Anmerkung: Von jeder Firma wurden 6 Lampen für 100 V und mit 16 NK den Versuchen unterworfen. Es brannten Lampen aus (1) 1 bei 279 Stunden, 1 bei 250; (2) 1 bei 73; (3) 1 bei 116, 1 bei 244, 1 bei 291 und 1 bei 300; (4) 1 bei 245; (5) 1 bei 275, 1 bei 320; (6) 1 bei 199; (7) 1 bei 263; (8) 1 bei 484, 1 bei 513 und 1 bei 550; (9) 1 bei 586; (10) 1 bei 405 Stunden.

4. Lampen und Beleuchtungskörper.

Um die Glühlampen mit den Beleuchtungskörpern (Pendeln, Wandarme, Luster u. s. w.) und den Leitungen verbinden zu können, bedarf es der Vermittlung entsprechender Zwischentheile oder Anschlussstücke. Die letzteren müssen derart beschaffen sein, dass sie einen guten und sicheren Contact für die Stromzuführung

Fig. 56.



zur Lampe gewähren und dass auch etwaige Erschütterungen keine Lockerung der Glühlampen in ihren Anschlusstheilen herbeiführen können. Da ferner die Glühlampen vermöge ihrer beschränkten Lebensdauer von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden müssen und dies auch ungeschulten Personen leicht und sicher zu ermöglichen ist, so sind die Anschlusstheile mit Rücksicht auf diese Umstände möglichst einfach und handsam zu gestalten. Vermöge der naturgemäss geringen Abmessungen der Anschlusstheile kommen Leitungstheile verschiedenen Potentials nahe aneinander, wodurch die Gefahr eines Kurzschlusses eintritt, welchem da-

durch entgegenzuwirken ist, dass nur feuersichere Materialien zur Verwendung gelangen.

Die Anschlusstheile bestehen zumeist aus zwei Theilen, von welchen einer, die Fassung, mit der Lampe fest verbunden wird, während der andere mit einem Gasgewinde versehen ist, welches zum Aufschrauben desselben auf dem Beleuchtungskörper bestimmt ist.

Bei den Swanlampen älteren Modelles sind die Platindrähte, welche die Kohlenbügel tragen, ausserhalb der Lampe zu Oesen umgebogen, welche in 2 in einem Ebonitsockel befestigte und mit den Zuleitungen verbundene Häkchen eingehängt werden, wodurch gleichzeitig eine am Sockel befestigte Spiralfeder durch den Lampenhals zusammengedrückt und dadurch die Einhängung der Lampe gesichert wird.*) Cruto benützt nur einen Platindraht zur Bildung einer Oese und nur ein Häkchen, während die Spiralfeder gleichzeitig zur Herstellung des Contactes mit dem zweiten Platindrahte herangezogen wird.*)

In einem neueren Modelle erhält die Swanlampe eine cylindrische Fassung mit zwei in ihrem Boden isolirt eingelassenen Metallplättchen, zu welchen die Platindrähte geführt sind. Der Sockel enthält zwei federnde, mit den Leitungsdrähten verbundene Pistons, welche sich an die Metallplättchen fest anlegen und Contact bilden, sobald die Lampe in den Sockel eingesetzt und durch einen Bajonnettschluss festgelegt wird.*) In ähnlicher Weise ist die Vitritfassung von Woodhouse & Rawson construirt.*)

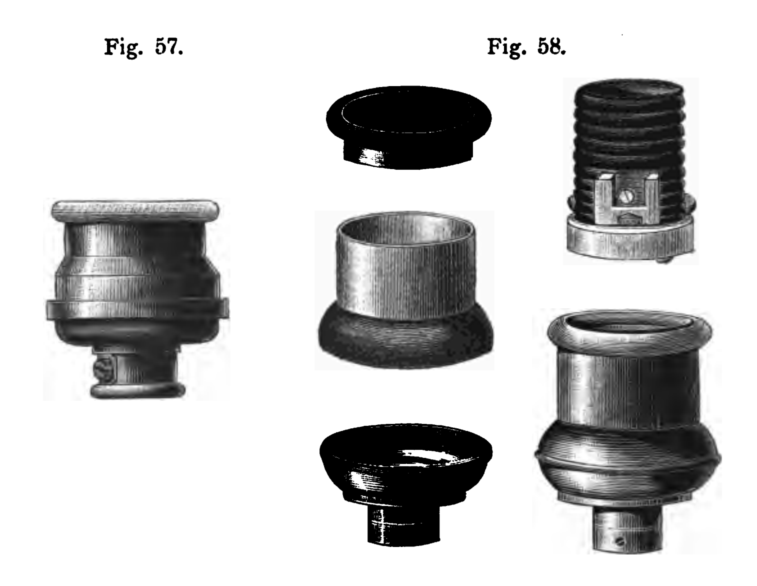
Die gebräuchlichsten Fassungen sind gegenwärtig wohl Edisonfassungen*) in verschiedenen Ausführungen. Hierbei erhält der Lampenhals ein centrales Metallplättchen, welches mit einem Platindrahte ver-

---

*) Elektrotechnische Bibliothek. III. 3. Aufl. Seite 63, 75, 76, 84, 86.

bunden wird und ein den Hals umschliessendes Blechgewinde, das mit dem anderen Platindrahte in Verbindung steht. Hals, Blechgewinde und Metallplättchen vereinigt ein Gypsguss. Der Sockel enthält das mit einer Zuleitung verbundene Muttergewinde für das Blechgewinde und ein mit der zweiten Zuleitung ver-

Fig. 57. Fig. 58.

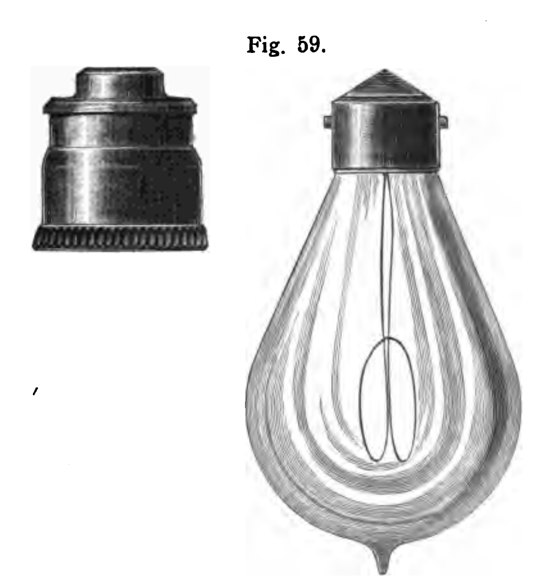


bundenes Metallplättchen, welches beim Einschrauben der Lampe in Contact mit dem Plättchen am Lampenhals gelangt.

In Fig. 57 ist die äussere Ansicht jener Form der Edisonfassung abgebildet, welche sie von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft erhalten hat. Der oberste gerauhte Ring besteht aus Porzellan und lässt sich abschrauben, worauf man den Blechmantel entfernen kann.

Innerhalb des letzteren ist auf einer Porzellanplatte ein unten seitlich ausgeschnittenes Edison-Blechgewinde befestigt und innerhalb des letzteren eine Blechfeder als zweites Contactstück angebracht. Die Zuleitungsdrähte werden durch das Gasgewinde am unteren Theile der Fassung eingeführt und durch Klemmschrauben befestigt, worauf der Blechmantel

Fig. 59.



wieder aufgesetzt und durch Aufschrauben des Porzellanringes festgemacht werden kann. Die Edisonfassung in der Form, wie sie von Siemens und Halske erzeugt wird, ist in Fig. 58 in äusserer Ansicht und in ihre Theile zerlegt dargestellt.

Die von der Firma Ganz & Co. im Handel gebrachte Fassung ist in Fig. 59 abgebildet. Sie besteht aus einer Metallhülse mit Bajonnettschlitzen und einer

innerhalb der Hülse und von der letzteren isolirt angebrachten Spiralfeder, welche beiden Theile mit je einem Pole der Leitung verbunden werden. Die Glühlampe selbst ist mit einer Contactkappe versehen, die ebenfalls aus zwei von einander isolirten Stücken besteht, an welche je einer der beiden zum Kohlenfaden führenden Platindrähte angelöthet ist. Das eine Stück ist ein Kegel, der sich beim Einsetzen der Lampe in die Fassung in die erwähnte Spiralfeder presst, während das zweite Stück aus einer cylindrischen, genau in die Mantelhülse der Fassung passenden Hülse mit zwei seitlichen Zäpfchen besteht, welche letzteren in die Bajonnettschlitze der Fassung geschoben werden.

Fig. 60.



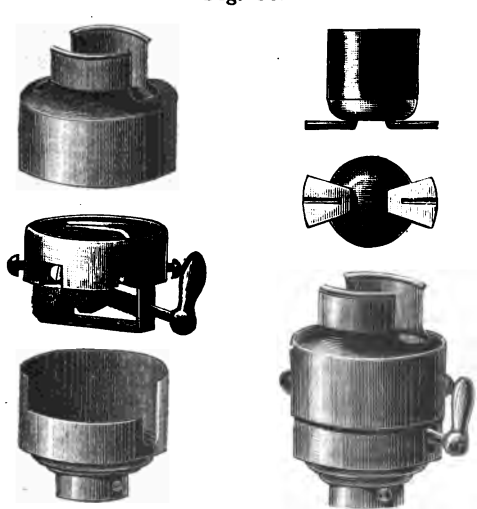
Die Firma J. Carl in Jena hat eine Glühlampenfassung (Fig. 60) in Gebrauch gesetzt, welche aus einem einzigen Porzellanstücke besteht, in welches die Metallgewindehülse und der Mittelcontact eingelassen sind; an diesem befinden sich die Befestigungsschrauben für die Leitungsdrähte, wie dies aus der Abbildung zu ersehen ist. Durch die Anordnung der Contacte ist Kurzschluss in der Fassung unmöglich und es wird eine sehr schnelle Montage erzielt, da es nur nöthig ist, die beiden Leitungsdrähte in die seitlichen Löcher einzuschieben und die Contactschrauben anzuziehen. Der Aufhängering ist aus Porzellan gebildet, so dass die Aufhängung gleichzeitig eine isolirte ist. Der untere abschraubbare Porzellanring dient zur Befestigung der Reflectoren.

Häufig wünscht man, die einzelnen Lampen am Beleuchtungskörper selbst in und ausser Thätigkeit setzen zu können und rüstet daher die Fassung mit

einem Ausschalter aus, der ebenso wie der Hahn einer Gaslampe bethätigt wird.*)

Eine Fassung mit Hahn, wie sie von der Firma Siemens & Halske erzeugt wird, ist in Fig. 61 in Ansicht und zerlegt und mit zugehörigem, am Lampenfusse angebrachtem Anschlussstheile abgebildet. Letzterer besteht aus zwei horizontal gestellten, mit je einem

Fig. 61.



der den Kohlenfaden tragenden Platindrähte verbundenen schwalbenschwanzförmigen Messingplättchen, welche ebenso wie die den Lampenhals umschliessende Messinghülse durch Gyps mit der Lampe verkittet sind. Der Lampensockel besteht aus zwei entsprechend ausgeschnittenen und aufeinander passenden Blechkapseln, welche ein Porzellanstück als Träger

*) Elektrotechnische Bibliothek. III. 3. Aufl. Seite 63. 65.

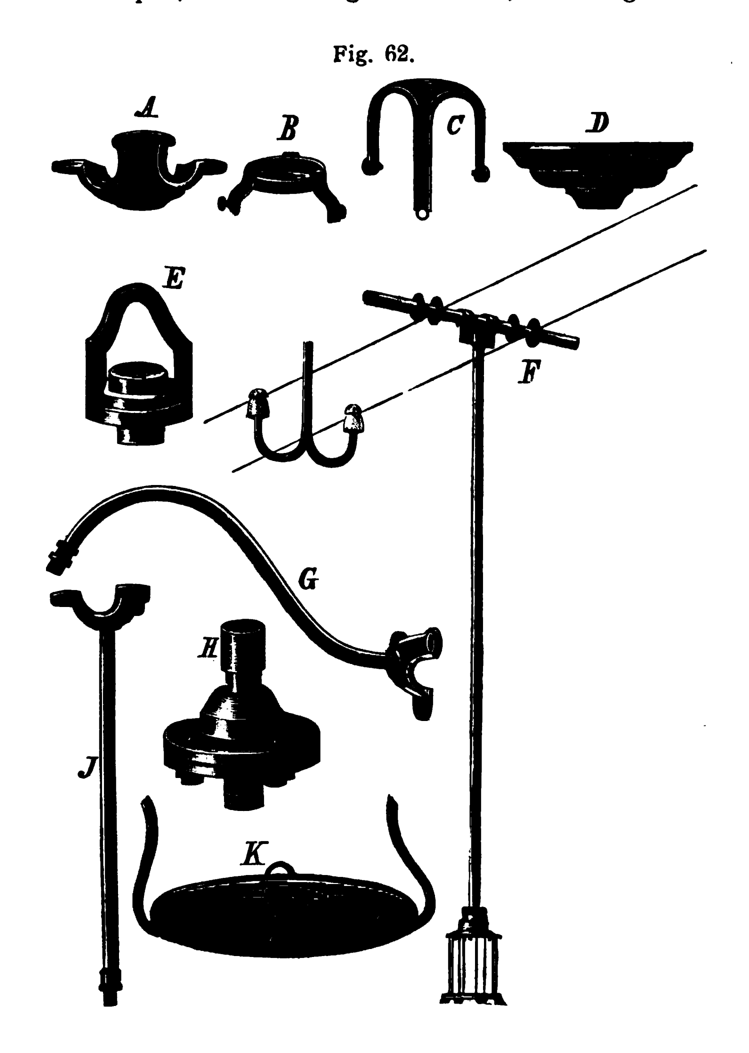
der inneren Einrichtung einschliessen und an demdelben durch Schrauben befestigt sind. Das Porzellanstück trägt auf seiner oberen Fläche zwei Contactsedern, die mit den Zuleitungen verbunden sind und sich fan die schwalbenschwanzförmigen Plättchen der Lampe anlegen, sobald diese in die Fassung eingestellt und um 180 Grad gedreht wird. An der Unterseite des Porzellanstückes befindet sich der Hahn. Er besteht aus einer, in einem kleinen Rahmen gelagerten und in ihrer Längsrichtung verschiebbaren Achse, die an ihrem dem Griffe entgegengesetzten Ende einen schief abgeschnittenen Cylinder trägt, der bei der Drehung der Achse um 180 Grad in der einen oder anderen Richtung durch eine Spiralfeder über oder unter eine kleine Rolle geschnellt wird. Auf der Achse ist ferner isolirt ein kleiner Metallbügel, der je nach der Stellung des Hahnes die beiden Metallcontacte der Fassung verbindet oder diese Verbindung unterbricht und dadurch das Aus- und Einschalten der Lampe bewirkt.

Was die weitere Montage der Glühlampen anbelangt, so kann dieselbe eine ausserordentlich mannigfaltige sein, eine viel mannigfaltigere, als die der Gasbrenner, welche mit Rücksicht auf die freibrennenden Flammen Einschränkungen erfordern, die für den in ein Glasgefäss luftdicht eingeschlossenen Glühkörper der Glühlampen nicht vorhanden sind. Auf eine auch nur annähernd ausführliche Schilderung der Montage einzugehen, ist daher unmöglich und werden somit im Nachstehenden nur einige Andeutungen hierüber gegeben.

Einige der einfachsten Formen, in welchen Glühlampen montirt werden, sind durch die Figuren 62 und 63 dargestellt. Bei den daselbst abgebildeten Häng- und Wandarmen besteht der Beleuchtungkörper, d. h. der Träger der Glühlampen aus einfachen gebogenen oder geraden Gasröhren, die durch eine Anzahl kleinerer Zwischenglieder und Bestandtheile an der Zimmer-

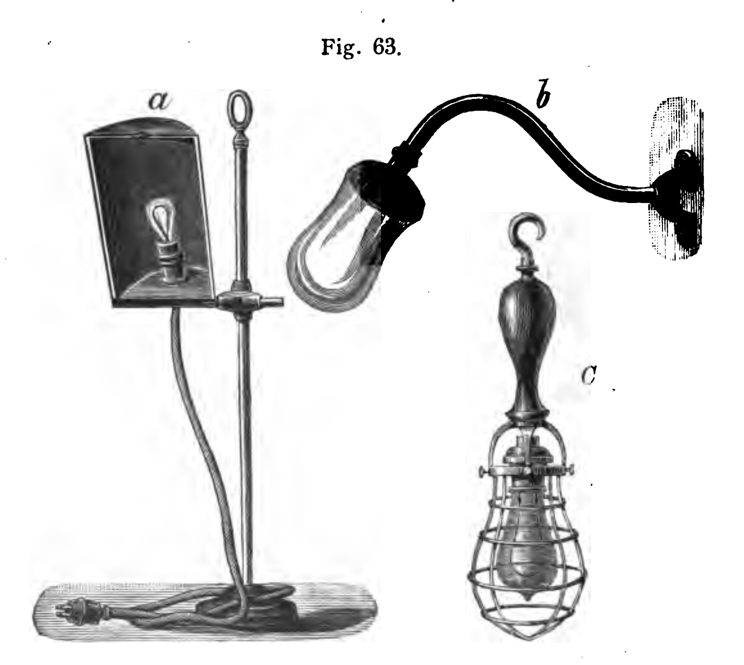
decke oder Wand befestigt und zur Aufnahme der Glühlampen, sowie etwaiger Schirme, Schutzglocken

Fig. 62.



und dergleichen ausgerüstet werden. Zur Befestigung der Hängarme oder Pendel, Fig. 62 *J* ebenso wie der Wandarme Fig. 62 *G* und Fig. 63 *b*, die beide sowohl ein- als auch mehrarmig hergestellt werden, an den Decken, Wänden oder an Laternpfosten können Ro-

Fig. 63.



setten, Fig. 62 *D* oder Böcke, Fig. 62 *A* zur Anwendung gelangen. Solche Rosetten oder Böcke werden aus Gusseisen hergestellt und zweckmässig unter Zwischenlage einer isolirenden Porzellanplatte auf ihrer Unterlage befestigt. Die Rosetten oder Böcke besitzen Muttergewinde, in welche die als Wandarme oder Pendel dienenden Gasrohre durch Einschrauben festgehalten werden.

Wünscht man an Stelle dieser starren Aufhängung der Pendel eine etwas beweglichere, so kann dies durch Anwendung eines auf das obere Ende des Pendels aufgeschraubten Bügels geschehen, der dann in einem Haken eingehängt wird. Auch hierbei erscheint es zweckmässig, eine isolirende Aufhängung zu wählen. Voigt & Haeffner (Frankfurt am Main) erzeugen zu diesem Behufe die in Fig. 62 *E* dargestellte Vorrichtung, bei welcher das zur Aufnahme des Pendels bestimmte, mit einem Muttergewinde versehene Rohr nicht direct in dem Tragbügel ruht, sondern unter Vermittlung einer isolirenden Einlagscheibe mit diesem Rohre verbunden ist. Die Isolirung des Beleuchtungskörpers von seinem Träger (Wand, Decke u. s. w.) ist unbedingt erforderlich bei combinirten Beleuchtungskörpern, d. h. solchen Beleuchtungskörpern, die sowohl für Gasbeleuchtung, als auch für elektrisches Licht zu dienen haben, da im gegentheiligen Falle durch einen Isolationsfehler in den am Beleuchtungskörper verlaufenden Drähten ein metallischer Contact zwischen diesen und der Gasleitung und somit ein Erdschluss entstehen kann. In diesem Falle bedient man sich zur isolirten Aufhängung der Vermittlung einer Isolirmuffe oder Isolirscheibe, wie eine solche z. B. nach einem Modelle der vorhin genannten Firma in Fig. 62 *H* abgebildet ist. Dieselbe ist aus Messingguss und besitzt auch ein Kugelgelenk.

Die bei den Isolirmuffen zwischen den beiden Metallscheiben eingelegte isolirende Zwischenscheibe (aus Hartgummi, Pressspan und dgl.) bildet jedoch keine unveränderlich bleibende Isolirung, sondern kann mit der Zeit durch condensirte oder aufgesaugte Feuchtigkeit ihre Isolirungsfähigkeit verlieren und daher erscheint es angezeigt, von Zeit zu Zeit eine diesbezügliche Prüfung vorzunehmen.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Isolirung auch in sehr feuchten Räumen, wie z. B. in Brauerei- und

Weinlagerkellern zuzuwenden. Für solche Zwecke geeignete Montirungen der Firma Voigt & Haeffner sind in Fig. 62 *F* und *K* dargestellt. Der Schirm *K* ist aus starkem Bleche hergestellt und mit 2 Isolirrollen zur Befestigung der Zuleitungsdrähte, einer Edisonfassung zur Aufnahme der Glühlampe und einem isolirten Aufhängebügel ausgerüstet. Durch diese Anordnung sind sowohl die Isolirrollen, als auch die Fassung vor herabtropfender Feuchtigkeit geschützt. In Brauerei- und Weinlagerkellern werden die Leitungen zweckmässig aus starken blanken Bronzedrähten hergestellt und im Scheitel der Gewölbe in annähernd gleichem Abstande von einander geführt. Für solche Anlagen ist der tragbare Hängearm *F* bestimmt, der sich an jeder beliebigen Stelle der Leitung einhängen lässt und mit den blanken Leitungen Contact gibt. Die Zuleitungen der Lampe sind in den Hängarm eingezogen und letzterer ist an seinem unteren Ende mit Schutzglas und Schutzkorb versehen.

Die Glühlampen werden gewöhnlich mit Schirmen, Glasschalen, Tulpen und dgl. ausgerüstet, welche durch entsprechend geformte und am Beleuchtungskörper befestigte Halter oder Krallen, Fig. 62 *B C*, getragen werden.

Lampen, welche in zwar trockenen aber stauberfüllten Räumen anzubringen sind, versieht man mit einem Schutzglase, wie dies der Wandarm in Fig. 63 *b* zeigt. Um die Lampe vor mechanischen Verletzungen zu schützen, versieht man dieselbe mit einem Schutzgitter, wie in Fig. 63 *c*. Diese Abbildung stellt gleichzeitig eine tragbare oder Handlampe vor, welche auch unter Vermittlung des an der Handhabe angebrachten Hakens aufgehängt werden kann. Die Stromzuführung erfolgt durch eine (in der Figur weggelassene) Leitungsschnur.

In Fig. 63 *a* ist eine Werkstattlampe abgebildet, bei welcher die Stromzuführung gleichfalls unter Ver-

mittlung einer Leitungsschnur und eines Steckcontactes stattfindet. Die Lampe steht in einem halbcylindrischen, innen weissen Schirme und kann auf ihrem Ständer sowohl um eine horizontale, als auch um eine verticale

Fig. 64 *a*.

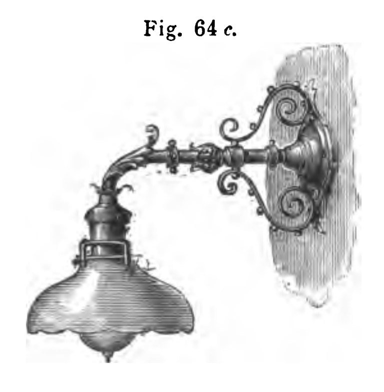


Fig. 64 *b*.



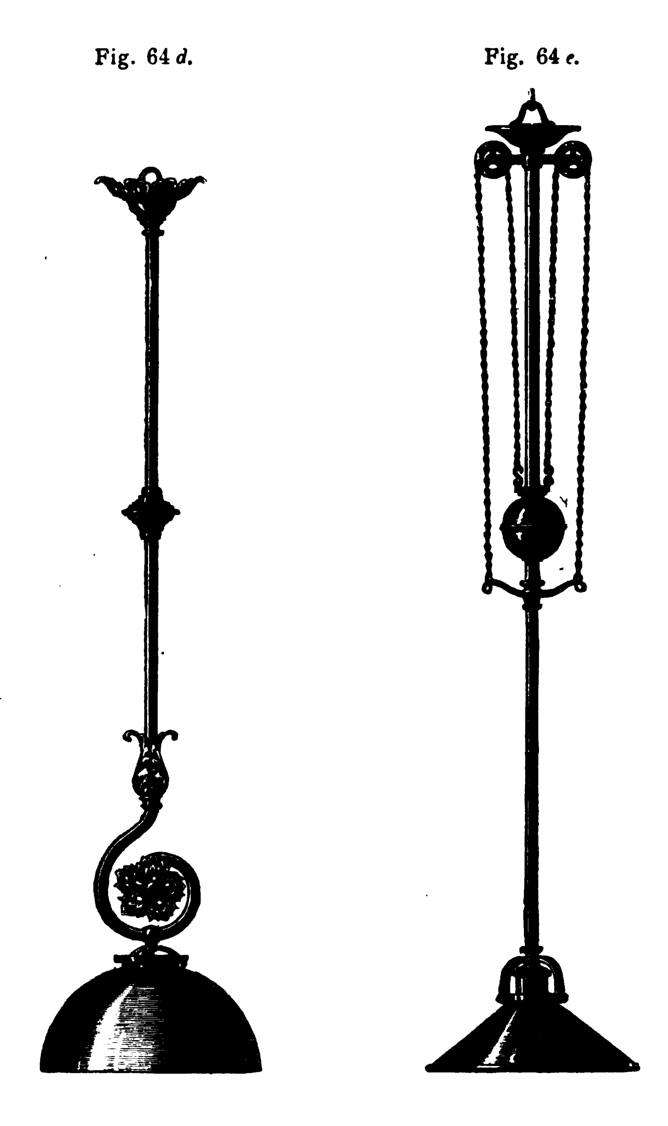
Achse gedreht, sowie auch höher und tiefer gestellt werden.

Fig. 64 *c*.



Die Glühlampen werden je nach der Oertlichkeit, für die sie bestimmt sind, auf den mannigfachsten Beleuchtungskörpern angebracht, welche alle möglichen Formen von der einfachsten bis zur reichsten Aus-

Fig. 64 *d*. Fig. 64 *e*.



stattung erhalten. Vermöge des bereits erwähnten Vorzuges der geschlossenen Glühlampe gegenüber offenen Flammen, kann der Beleuchtungskörper für erstere auch viel leichter stylgerecht der betreffenden Architektur angepasst oder ein besonderer Beleuchtungseffect erzielt werden. Einige Formen solcher Beleuchtungskörper sind beispielsweise in den Figuren 64, 65 und 66 abgebildet.*) Die in Fig. 64 dargestellten Formen: ein festes und ein Zugpendel, ein eintheiliger Wandarm und zwei Beleuchtungskörper für Deckenbeleuchtung bedürfen keiner weiteren Erklärung. Die in Fig. 65 abgebildete Kipplampe der Firma Ganz & Co. (Wien), kann sowohl als Steh-, wie auch als Wandlampe benützt werden. Die Stromzuführung vermittelt eine Leitungsschnur mit zugehörigem Steckcontacte.

Sollen alte Kerzenluster für elektrisches Licht umgestaltet werden oder legt man darauf Werth, dass der äussere Eindruck gediegener alter Pracht in allen Einzelheiten erhalten bleibe, so bietet die Glühlampenkerze ein bequemes Mittel, das gewohnte Bild der Kerzenbeleuchtung mit dem Glanze und allen anderen Vorzügen des elektrischen Lichtes zu verbinden. Die Glühlampenkerze besteht aus einem Schafte aus Milchglas oder Porzellan mit einer versenkten Fassung, in welcher das die Kerzenflamme vertretende Glühlämpchen eingesetzt wird. Einen für solche Glühlämpchen bestimmten Armleuchter der vorgenannten Firma stellt Fig. 66. dar; auch hierbei findet die Stromzuführung durch eine Leitungsschnur mit zugehörigem Steckcontact statt.

Um das Blenden des glühenden Kohlenfadens zu vermeiden, benützt man mattirte Lampen, zur Erzielung besonderer Effecte einseitig mit Spiegelbelag ver-

---

*) Vergleiche auch: Elektrotechnische Bibliothek. III. 3. Aufl. Seite 66—71.

sehene Lampen, Lampen aus farbigem Glase oder Lampen besonderer Form. Letztere wird zuweilen auch durch die praktische Verwendung bestimmt, zu welcher die Lampe gelangen soll; so verwendet man

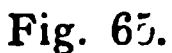
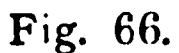


Fig. 65.

z. B. röhrenförmige Glühlampen zum Einführen in enge Oeffnungen, wie etwa in das Spundloch eines Fasses oder bei chirurgischen Instrumenten, z. B. zur Beleuchtung des Magens u. s. w.; bei der Focuslampe ist der Kohlenfaden auf einen kleinen Raum be-

schränkt, da die Lampe im Brennpunkte eines Hohlspiegels oder einer Linse zu wirken hat u. s. f.

Um die tragbaren Lampen an verschiedenen Orten in Thätigkeit setzen zu können, bedient man sich,


Fig. 66.



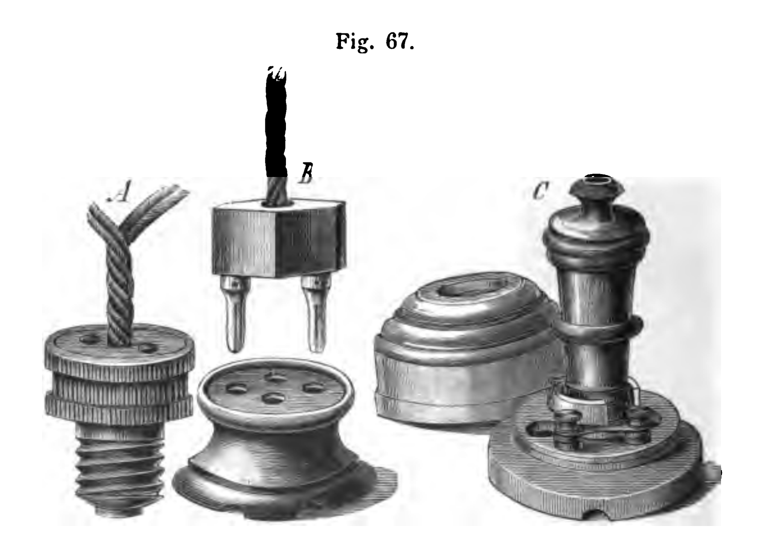
wie bereits wiederholt angedeutet worden ist, der *Leitungsschnüre* und *Contactstöpsel* oder *Steckcontacte* zur Stromzuführung.

Einige Formen solcher Contacte sind beispielsweise in Fig. 67 dargestellt. Befindet sich im Bereiche der Leitungsschnur ohnehin ein Beleuchtungskörper,

so kann die Fassung für eine daselbst befindliche Glühlampe zum Anschlusse benützt werden, indem man an Stelle der Glühlampe einen dem betreffenden Lampenfusse gleich geformten Stöpsel einsetzt, wie dies für eine Edisonfassung in Fig. 67 *A* dargestellt ist.

Steht kein bereits vorhandener Beleuchtungskörper für den Anschluss zur Verfügung, so müssen in der

Fig. 67.



Nähe aller jener Stellen, an welchen man die tragbaren Lampen gegebenen Falles zu benützen wünscht, entsprechende Untertheile zur Aufnahme der Contactstöpsel angebracht werden. Eine von der Berliner Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft eingeführte Form solcher Steckcontacte ist in Fig. 67 *B* dargestellt. Bei dieser besteht der Anschlusscontact aus einem kleinen Porzellanuntersatze, in welchem die Leitungsdrähte an zwei Messingröhrchen angeschlossen

sind. Im dazugehörigen Stöpsel (Stecker) sind die beiderseitigen Litzen der Leitungsschnur gleichfalls mit zwei Messingröhrchen verbunden, welche der Länge nach aufgeschlitzt sind und daher federnd in die Rohrcontacte eingeschoben werden können. Eine Form der Steckcontacte und zwar von Voigt & Haeffner ist in Fig. 67 *C* abgebildet; diese Anschlussdose enthält gleichzeitig Bleisicherungen.

Um beim Bogenlichte das Herabfallen abspringender Funken oder glühender Kohlenstückchen sowie das Ausblasen des Lichtbogens durch scharfen Luftzug oder durch Windstösse zu verhindern, werden stets Laternen oder Lampenkugeln benützt. Fast nur in Ausnahmsfällen bedient man sich hierbei des farblosen, vollkommen durchsichtigen Glases, während man gewöhnlich mehr oder weniger durchscheinende Glassorten zur Anwendung bringt, da hierdurch dem Bogenlichte sein blendender Glanz benommen und auch eine gleichförmigere Beleuchtung erzielt wird. Das Herabfallen von Glasstücken bei etwaigem Springen der Lampenkugeln sucht man durch ein sehr weitmaschiges Drahtnetz, mit welchem man die Kugel umgibt, zu verhindern.

Die Lampengläser absorbiren einen Theil des Lichtes, und können die dadurch bedingten Lichtverluste, welche von der Art und Dicke des Glases, vom Durchmesser der Kugel und von der Lage des Brennpunktes beeinflusst werden, recht erhebliche werden. Nach J. D. Guthrie und F. E. Reidhead*) beträgt der Lichtverlust bei durchsichtigen Glaskugeln 47, bei matten Kugeln 77 und bei Opalkugeln bis zu 81 Procent. Dr. W. Wedding**) gibt den Lichtverlust mit 25 bis 53 Procent an. Nach Versuchen, welche

*) Berliner Elektrotechnische Zeitschrift. XV, Seite 240.

**) Berliner Elektrotechnische Zeitschrift. X, Seite 337; XIV, Seite 310.

Th. Stort*) in neuerer Zeit durchgeführt hat, sind jedoch diese Verluste bei Weitem nicht so gross und hat nur eine eigenthümliche Anschauung und die unrichtige Art der Berechnung zu den angegebenen Zahlen geführt. Die matt geschliffene Glasfläche ist in der That weiter nichts als ein Aggregat mikroskopischer Linsen und Prismen, so dass ein so grosser Verlust, wie der angegebene nicht leicht zu erklären wäre. Die halbdurchsichtigen Glassorten, das sogenannte Alabasterglas oder die Ueberfanggläser verhalten sich physikalisch ganz ähnlich. Th. Stort gibt nun auch den Lichtverlust auf Grund seiner Messungen und Berechnungen mit 6 Procent für Klarglasglocken und mit 11 Procent für Ueberfangglasglocken an. Selbstverständlich spielt die Beschaffenheit des Glases eine grosse Rolle, und die Fortschritte in der Glasfabrikation haben das Ihrige beigetragen, um diese Verluste kleiner zu gestalten.

Man hat verschiedene Wege eingeschlagen, um den Lichtverlust möglichst zu vermindern und hierbei doch das Blenden zu vermeiden und eine gleichmässige Beleuchtung zu erzielen. Man hat z. B. das Mass der matten Glocke auf das zulässig geringste, 5 bis 6 cm Durchmesser, reducirt, sie nur zum Verdecken des Lichtbogens (analog wie die sogenannten Augenschützer unserer anderweitigen Lampen) verwendet und dann sammt den Kohlen in eine Kugel aus Klarglas eingeschlossen.

Die Elektricitäts-Actiengesellschaft vormals Schuckert & Co. ordnet nach einem Vorschlage Uppenborn's in ihren für die Beleuchtung von Innenräumen bestimmten Lampen einen kleinen Glaskegel aus Ueberfangglas unter dem Lichtbogen an, wie dies aus Fig. 69 *A* zu entnehmen ist. Da die hierbei auf den Glaskegel fallende Lichtmenge eine

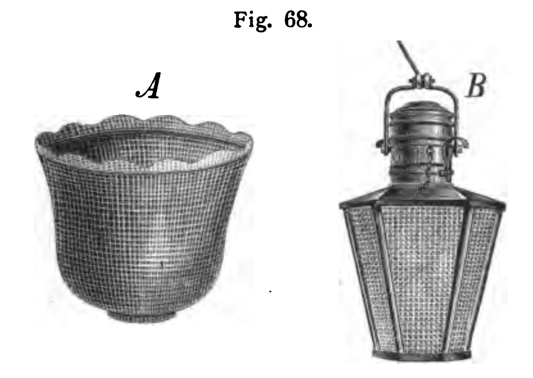
---

*) Berliner Elektrotechnische Zeitschrift XVI, Seite 500.

sehr grosse ist, erscheint dieser selbst als glühender Körper. Dieser sendet das bereits durch ihn zerstreute Licht auf die ihn umhüllende äussere Schutzglocke, durch welche die weitere Lichtvertheilung im Raume erfolgt; helle Decken und Wände verstärken hierbei die Beleuchtung des unteren Raumes.

Aber auch Klarglaskugeln und Laternen können für eine nicht blendende und gleichförmige Beleuchtung Verwendung finden, wenn man das Glas nach

Fig. 68.



dem Vorgange Blondel's mit entsprechenden Cannelirungen versieht. Solche Kugeln oder Glocken sollen sich gut bewähren und nicht mehr als 9 bis 15 Procent Licht absorbiren.*) Ein Nachtheil derselben ist, dass sie ungemein leicht verstauben und dass dann bei wiederholtem gründlichen Reinigen die Winkeln und Kanten leiden, wodurch die Gesammtwickung beeinträchtigt wird. In Fig. 68 *A* ist eine derartige Glocke und in Fig. 68 *B* eine Laterne mit cannelirten Scheiben (von K. Weinert, Berlin) abgebildet.

*) Herzog-Feldmann: Vertheilung des elektrischen Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen.

Elster*) verhindert namentlich das Blenden des Bogenlichtes, indem er dasselbe mit einem Kranze fächerartig gestellter Streifen aus mattirtem Glase umgibt. Zwischen diesen Streifen sind zwar offene Spalten, doch verhindert die Stellung der Streifen ein directes Sehen des Lichtbogens, so dass nur reflectirte oder durch den Durchgang durch mattirtes Glas abgeschwächte Lichtstrahlen nach aussen gelangen.

Ein anderer Weg wurde bereits in der Ausstellung für Elektricität in Paris (1881) von Jaspar eingeschlagen, der den Saal XV durch drei Lampen derart beleuchtete, dass die Lampen selbst unsichtbar blieben. Die Lampen waren in opake, oben offene Cylinder eingeschlossen, über welchen grosse weiss angestrichene Schirme hingen. Die positiven Kohlen waren daher unten angeordnet und sandten aus ihren Kratern die Lichtstrahlen auf die weissen Schirme, welche die weitere Zerstreuung des Lichtes über den ganzen Raum vermittelten. Werden die Lampen in Räumen mit weissen Decken angebracht, so übernehmen diese die Reflexion der Lichtstrahlen und die Schirme bleiben weg.

Obwohl diese indirecte Beleuchtungsmethode eine sehr gute Beleuchtung ergab, fand sie wenig Anwendung, da sie ebenso wie die sogenannten invertirten Lampen an dem Uebelstande leidet, dass der Krater der unteren positiven Kohle die von der darüber befindlichen negativen Kohle herabfallende Asche auffängt und dadurch ein Flackern des Lichtbogens und unruhiges Brennen der Lampe verursacht.

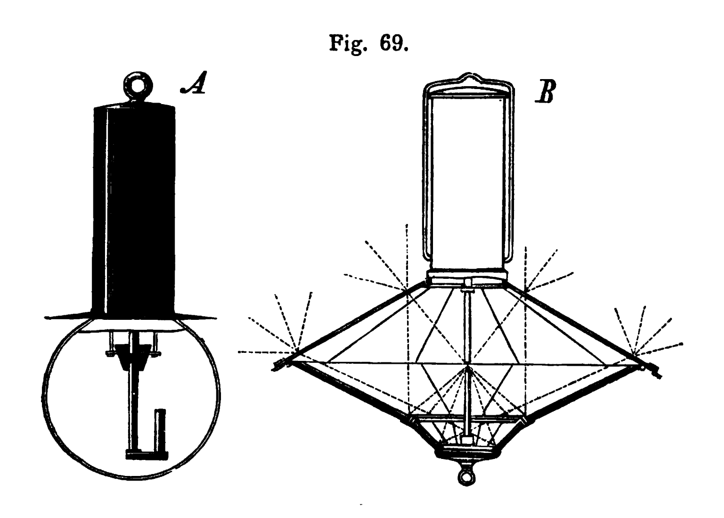
Bessere Resultate werden von der Elektricitäts-Actiengesellschaft, vormals Schuckert & Co. unter Beibehaltung der gewöhnlichen Lampe und mit der positiven Kohle als obere Kohle durch die Construc-

---

*) Herzog-Feldmann: Vertheilung des elektrischen Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen.

tion der in Fig. 69 *B* abgebildeten Laterne erzielt.*) Die nach unten geworfenen Lichtstrahlen einer gewöhnlichen Bogenlampe fallen auf zwei unter bestimmtem Winkel zusammengestellte Spiegel, welche aus Abschnitten von Hohlkegeln oder von aus einzelnen ebenen Spiegeln zusammengesetzten vielseitigen Pyramiden bestehen. An die Spiegel schliesst eine am

Fig. 69.



Lampenkörper befestigte vielseitige Laterne an, welche mit Ueberfang- oder Mattglas, oder auch mit sogenanntem Riffelglas belegt ist. Die Spiegel haben eine solche gegenseitige Stellung, dass sämmtliche auf sie fallende Lichtstrahlen auf die verglaste Fläche der Laterne zurückgeworfen werden, hier theilweise noch geradlinig durchdringen, zum grössten Theile aber zerstreut werden. Das durchgegangene Licht gelangt zur weissen Decke und wird von hier nach den zu be-

*) Berliner Elektrotechnische Zeitschrift XV, Seite 478.

leuchtenden Gegenständen geworfen, das zerstreute Licht gelangt theils unter Vermittlung der Decke, theils unmittelbar zur Wirkung.

Wenngleich die Montage der Bogenlampen nicht jene ausserordentliche Mannigfaltigkeit aufweist wie die der kleinen, handlichen Glühlampen, so ist sie doch auch eine nach Zweck und Räumlichkeit sehr verschiedenartige.

Dass die Bogenlampen in vier- oder mehrseitige Laternen eingeschlossen, mit kugel- oder eiförmigen Ballons ausgerüstet, mehr oder weniger reich ausgestattet werden können, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Der grossen Lichtstärke des Bogenlichtes wegen werden die Lampen zumeist in ziemlicher Höhe über dem zu beleuchtenden Objecte angebracht, in gedeckten Räumen also nahe der Decke oder an dieser selbst. Die Bogenlampen werden sowohl stabil befestigt, als auch unter Vermittlung von Vorrichtungen, welche ein Herablassen der Lampe ermöglichen. Letzteres oder ein bequemes Erreichen der Lampen auf Leitern u. dgl. ist nothwendlg, da die Bogenlampen behufs Ersatzes der abgebrannten Kohlen einer regelmässig wiederkehrenden Bedienung bedürfen.

Bei Zuglampen in gedeckten Räumen sieht man aus Schönheitsrücksichten häufig von der Anwendung besonderer Stromzuleitungen ab und benützt gleich die Aufhängekabel zur Stromzuleitung. Eine solche Aufhängevorrichtung und zwar ein Modell der Berliner Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft ist in Fig. 70 *A* abgebildet. Die Lampe wird an dem Haken eines Querstückes gehängt, von welchem zwei Drahtseile, zugleich Stromzuleitungen ausgehen, die das Gegengewicht für die Lampe durchsetzen, über zwei Rollen laufen und mit ihren Enden an dem Gegengewichte befestigt sind. Die Rollen sind mit den Stromzuleitungen verbunden und isolirt von einander an dem oberen Querstücke, welches gleichzeitig einen

Aufhängebügel trägt, befestigt. Die Spiralfedern ober- und unterhalb des Gegengewichtes an der Führungsstange haben etwaige Stösse beim Anlangen der Lampe in ihrer höchsten und tiefsten Stellung abzuschwächen.

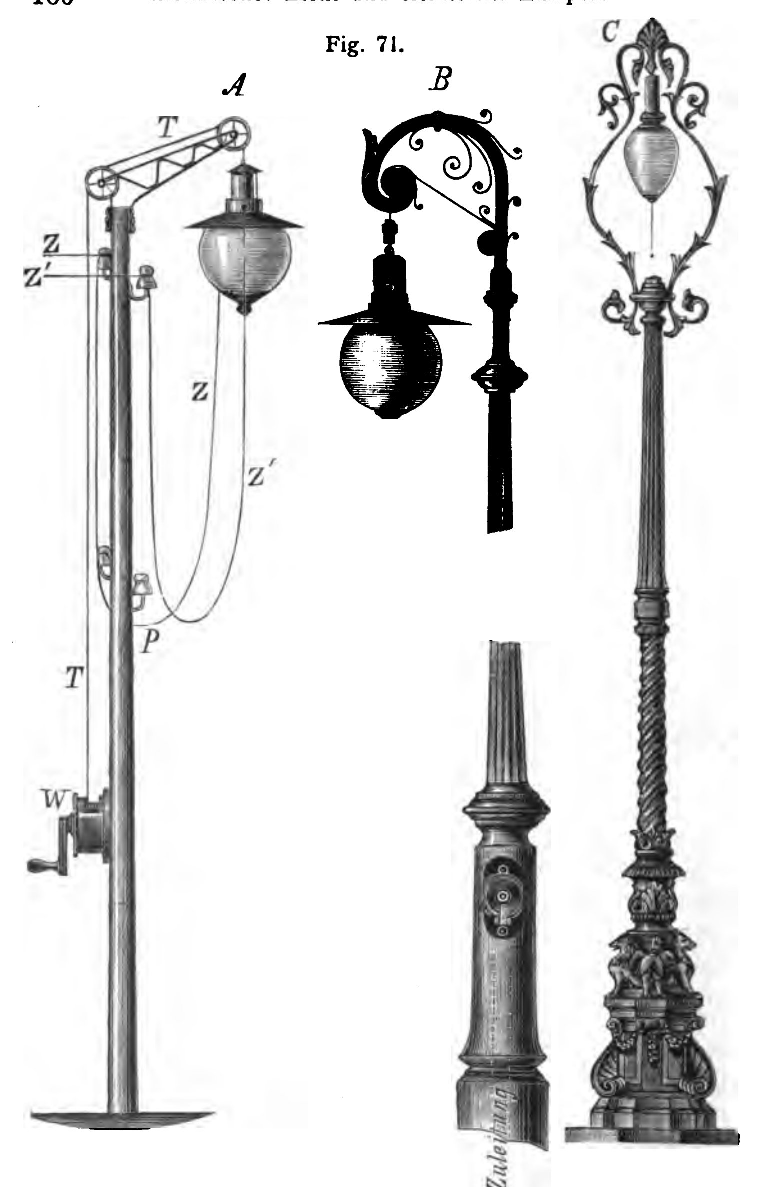


Fig. 70.

Selbstverständlich können auch derlei Flaschenzüge in mannigfacher Form und Ausstattung hergestellt werden.

Um das Herabstürzen der Bogenlampe infolge eines Bruches des Aufzugseiles, oder boshafter Beschädigung desselben oder infolge anderer Ursachen hintan-

Fig. 71.



zuhalten, sind besondere Fangvorrichtungen construirt worden, von welchen die von Voigt & Haeffner in den Handel gebrachte in Fig. 70 *B* abgebildet ist. Hierbei hängt die Lampe in einem S-förmigen, um eine Porzellanrolle geschlungenen Haken. Die Achse dieser Porzellanrolle ist in dem bügelförmigen Ende eines Eisenbolzens gelagert, dessen entgegengesetztes Ende mit dem Tragseile verbunden wird. Der Bolzen lässt sich in dem ihn umschliessenden Gehäuse, an welchem auch eine Rolle, über die das Tragseil läuft, befestigt ist, auf und ab bewegen. Am unteren Theile des Gehäuses sind zu beiden Seiten Klinken angebracht, welche beim Aufziehen der Lampe unter dem Bolzenkopf einschnappen und denselben festhalten, wodurch das Seil vollkommen entlastet wird. Beim Herablassen der Lampe zieht man dieselbe zunächst etwas aufwärts, wodurch die Klinken etwas nach aussen gedrückt werden und lässt hierauf die Lampe rasch abwärts, so dass der Bolzenkopf die Klinken bereits passirt hat, wenn diese in ihre Ruhestellung zurückfallen.

Bei Verwendung im Freien werden die Bogenlampen häufig von Säulen oder Masten aus Holz, Guss- oder Schmiedeeisen (Röhrenmaste, Gittermaste u. s. w.) getragen, wobei die Lampen sowohl eine ständige Befestigung erhalten, als auch zum Herablassen eingerichtet werden können. Einige Formen solcher Maste sind in Fig. 71 dargestellt. Ein einfacher schmuckloser Mast *A* mit Ausleger, welcher zwei Rollen trägt, über welche das die Lampe tragende Seil *T* zur Aufzugwinde *W* geführt ist. Die Stromzuführung erfolgt durch die Freileitungen *ZZ'*, welche einerseits an zwei Paaren am Maste befestigter Isolatoren festgebunden sind und anderseits frei von der Lampe herabhängen. Die Winde ist mit einem Sperrrade versehen, um die Lampe in jeder beliebigen Lage festhalten zu können, und die Kurbel ist gewöhnlich abnehmbar angebracht, um unberufene Hantirungen zu verhindern.

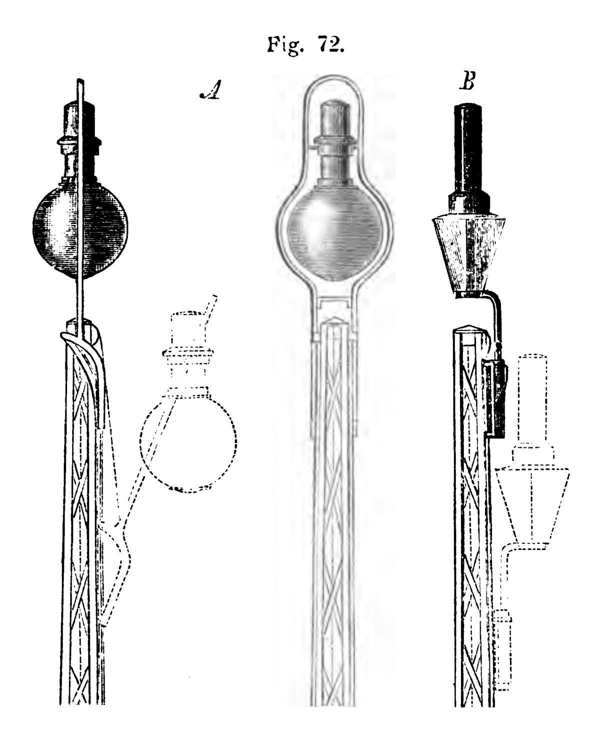
Um die herabhängenden Leitungsschleifen entbehren zu können, werden von R. Frister (Patent Rentzsch) combinirte Trag- und Leitungskabel hergestellt, bei welchen besondere Stahldrahtlitzen als Tragseile dienen, wodurch die kupfernen Leitungen vor der Beanspruchung durch Zug bewahrt werden. Ein mit diesem combinirten Kabel ausgerüsteter Candelaber ist Fig. 71 *B* dargestellt. Das Kabel wird über Rollen zur Winde geführt, welche mit abnehmbarer Kurbel und Stechschlüssel zum Auslösen der Sperrvorrichtung versehen ist. Die stromführenden Theile sind sämmtlich geschützt gelegen, sicher isolirt und wetterfest abgeschlossen. Die Zuleitungen können (bei abgenommenem Gehäusedeckel) sowohl von oben durch Isolirrohre als auch von unten, direct an Klemmen in die Winde eingeführt werden. Von diesen Klemmen aus geht dann der Strom mittelst einer Contactvorrichtung innerhalb der Windetrommel durch das angeschlossene combinirte Kabel zur Lampe. Diese Art der Stromführung und Lampenaufhängung kann natürlich auch für Gittermaste, Wandarme u. s. w. verwendet werden.

Ein Strassencandelaber mit bleibend befestigter Lampe ist in Fig. 71 *C* dargestellt. Es stellt dieselbe ein bei der Strassenbeleuchtung in Rom von der Firma Ganz & Co. zur Aufstellung gebrachtes Modell dar. Die Stromzuführung erfolgt hier durch ein im Innern der Säule und des lyraförmigen Aufsatzes geführtes Kabel. Die Auswechslung der Kohlen muss unter Zuhilfenahme einer Leiter bewerkstelligt werden.

Die Aufhängung der Bogenlampen ausserhalb der Achse der Masten führt den Uebelstand mit sich, dass der Mast Schatten wirft, wodurch ein Theil des von der Lampe ausgestrahlten Lichtes für die Beleuchtung verloren geht. Um diesen Nachtheil zu beseitigen, ohne auf das Herablassen der Lampe zu verzichten, sind verschiedene Constructionen versucht worden, so

z. B. zweitheilige Masten, deren obere Hälften sich umlegen lassen. In neuerer Zeit hat Osenberg einige Constructionen ausgeführt, welche demselben Zwecke dienen. Zwei dieser Formen sind in Fig. 72 abgebildet. In Fig. 72 *A* ruht die Lampe in einem

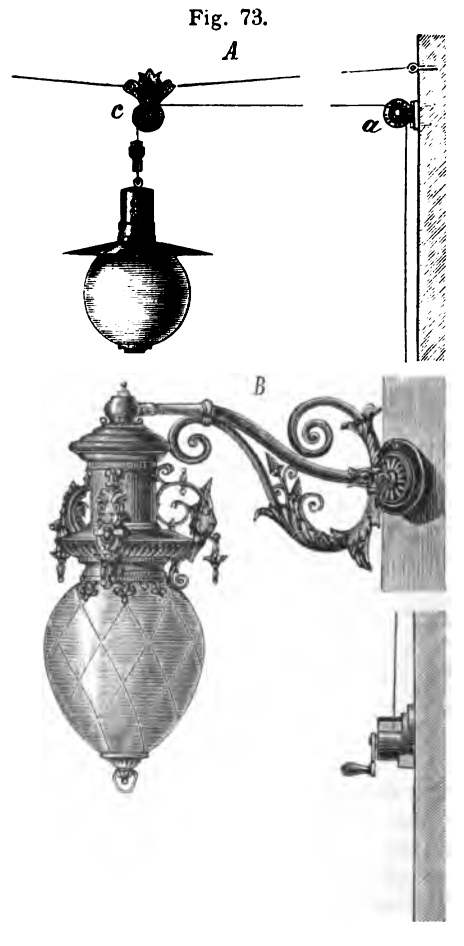
Fig. 72.



Bügel, dessen untere Enden gabelähnlich gestaltet sind, wobei die beiden Gabelzinken sehr ungleiche Längen besitzen. Mit diesen Gabeln gleitet die Lampe auf Leitschienen, die zu beiden Seiten des Gittermastes angebracht und am oberen Ende des Mastes von der vorderen zur hinteren Seite des Mastes zurückge-

krümmt sind. Infolge dieser Construction neigt sich

Fig. 73.



die Lampe beim Herablassen aus ihrer Stellung und kann an der Vorderseite des Mastes anstandslos her-

abgleiten, während sie beim Aufziehen, oben angelangt, sich wieder vertical über den Mast stellt. In Fig. 72 *B* ist auf dem Lampenschlitten eine verticale Achse gelagert, auf welcher oben die Lampe und unten eine Hülse mit halbem Schraubengange befestigt ist. Ein am Maste befindliches Führungsstück, in welches der Schraubengang eingreift, bewirkt nun beim Emporziehen oder Herablassen des Schlittens eine halbe Umdrehung der Achse.

Es wird auch gewünscht, dass die Bogenlampen frei über einer Strasse oder einem Platze hängen, was wieder in verschiedener Weise ausgeführt werden kann, z. B. durch Aufstellung von Masten, welche an den oberen Enden durch Seile oder kettenartige Gehänge verbunden werden, an welche man die Lampen hängt. In Strassen können an Stelle der Masten die Mauern der Häuser treten, Fig. 73 *A*. Auch bei dieser Aufhängung der Lampen können letztere sowohl unveränderlich befestigt, als auch zum Herablassen eingerichtet aufgehängt werden. In Fig. 73 *B* endlich ist eine Bogenlampe der Firma Ganz & Co. als Wandarm montirt dargestellt.

5. Lichtbedarf und Lichtvertheilung.

Wenn für ein bestimmtes Object der Lichtbedarf, d. h. die Stärke der erforderlichen Beleuchtung, bekannt ist, so kann die Zahl und Lichtstärke der hierzu nöthigen Lampen berechnet werden. Da jedoch der Lichtbedarf für verschiedene Objecte ein sehr verschiedener ist, so kann eine derartige Berechnung nicht allgemein durchgeführt werden, sondern ist für den einzelnen Fall speciell aufzustellen. Um z. B. bei künstlicher Beleuchtung ohne Accommodationsanstrengung für das Auge, ebenso gut wie bei Tageslicht lesen zu können, sind nach Dr. H. Cohn 50 Meter-

kerzen und für das Minimum der hygienischen Forderungen 10 Meterkerzen erforderlich. Für die allgemeine Beleuchtung eines Raumes wird man bis zu 4 oder 5 Kerzen gehen, für Hauptstrassen verlangt Wybauw 1 Kerze und für Nebengassen sogar nur 0·1 Kerzen.

Die Grundlage für die Berechnung bilden die hier in Betracht kommenden physikalischen Gesetze: 1. Die Intensität ist umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle und 2. Die Beleuchtungsstärke einer Fläche ist direct proportional dem Cosinus des Winkels, welchen der einfallende Lichtstrahl mit der Normalen auf diese Fläche einschliesst. Ist sonach die Intensität einer Lichtquelle $= J$ und ihre Entfernung von der zu beleuchtenden Fläche $= e$, so ist die Beleuchtungsintensität dieser Fläche

$$i = \frac{J}{e^2} \cos. \alpha,$$

wenn α den Winkel bedeutet, welchen der einfallende Lichtstrahl mit dem Einfallslothe bildet.

Fällt man von der Lichtquelle aus eine Senkrechte auf die zu beleuchtende Ebene und verbindet man den Fusspunkt dieser Senkrechten mit dem Endpunkte der directen Verbindungslinie der Lichtquelle mit dem zu beleuchtenden Flächenelemente, so bilden die beiden erstgenannten Linien die Katheten eines rechtwinkeligen Dreieckes, dessen Hypothenuse die directe Entfernung (e) der Lichtquelle von der Fläche darstellt. Die eine Kathete stellt dann die Höhe (h) der Lampe über der Fläche dar und die andere den Radius (r) des zu beleuchtenden Kreises. Somit kann dann die Formel für die Beleuchtungsintensität geschrieben werden:

$$i = \frac{J}{h^2 + r^2} \cos. \alpha.$$

In der Praxis wählt man nicht jene Aufhängehöhe für die Lampe, bei welcher die zu beleuchtende Fläche die grösste Summe von Lichtstrahlen empfängt, sondern jene Höhe, bei welcher der Rand einer Kreisfläche, über deren Mittelpunkt die Lampe brennt, die grösste Helligkeit erhält. Rechnung und Versuch haben ergeben, dass jene Höhe die günstigste ist, welche beiläufig 0·7 des Radius der beleuchteten Kreisfläche bildet. Mit Hilfe der angegebenen und anderer Formeln können zwar die verschiedenen Aufgaben, die bei der Anlage einer elektrischen Beleuchtung zu lösen sind, rechnerisch gelöst werden,*) doch weicht das hierdurch erzielte Resultat gewöhnlich sehr bedeutend von den thatsächlichen Verhältnissen ab, oder ist auch ganz unbrauchbar, weil der thatsächliche Beleuchtungseffect durch vielfache Umstände, die zum grossen Theile rechnerisch nicht berücksichtigt werden können, sehr wesentlich beeinflusst wird. So gelten die vorstehenden Formeln zunächst nur für eine einzige Lichtquelle und zwar für eine Lichtquelle, die ihre Strahlen nach allen Richtungen hin gleichförmig aussendet. Ferner ist auch keine Rücksicht genommen auf die Zurückwerfung der Lichtstrahlen durch die Decke oder durch Wände, oder durch beide und auf die Farbe und sonstige Oberflächenbeschaffenheit beider und der zu beleuchtenden Fläche. Wie sehr die Helligkeitsvertheilung in einem Raume, z. B. durch das Reflexionsvermögen verschiedener Oberflächen, beeinflusst werden kann, ist aus der nachstehenden von Dr. Sumpner diesbezüglich angegebenen Tabelle zu entnehmen; so reflectiren

weisses Löschpapier	82	Proc.
gewöhnliches Schreibpapier	70	»

*) Vergl. Elektrotechnische Bibliothek. Bd. XXXII, S. 223 u. f.; J. Herzog u. Cl. P. Feldmann: Vertheilung des Lichtes und der Lampen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen etc.

Zeitungspapier	50—70	Proc.
gelbe Tapete	40	»
blaue »	25	»
braune »	13	»
tiefchocoladefarbige Tapete	4	»
reine Holzbekleidung	40—50	»
schmutzige Holzbekleidung	20	»
gelb getünchte Wand, rein	40	»
» » » schmutzig	20	»
schwarzes Tuch	1·2	»
schwarzer Sammt	0·4	»

In einzelnen Fällen, wie z. B. bei der Beleuchtung freier Plätze, breiter Strassen, eines Zeichentisches u. s. w., wo die Reflexion durch Wände, wegen ihrer zu grossen Entfernung oder weil überhaupt keine vorhanden sind, nicht in Betracht gezogen zu werden braucht, gibt daher die Rechnung brauchbare Resultate, in anderen Fällen aber kann sie kaum mehr als Anhaltspunkte bieten. Auch stellen ja die Beschaffenheit und Verwendung, sowie auch die Ausstattung des zu beleuchtenden Raumes und specielle Verhältnisse so mannigfache Anforderungen, dass es ganz unmöglich ist, alle diese Umstände in eine Berechnung einzubeziehen. Man geht daher bei der Wahl der Lampen, ihrer Anzahl und Vertheilung gewöhnlich nach praktischen Erfahrungen vor, die bei der Beleuchtung gleicher oder ähnlicher Objecte gewonnen worden sind. Hierbei setzt man die Zahl der Lampen oder ihrer Lichteinheiten zu jener Grösse in Beziehung, welche für das zu beleuchtende Object am massgebendsten ist, also z. B. zur Zahl der Schreibtische oder Pulte oder auch der beschäftigten Beamten in Bureaus, zur Zahl der Personen in Kasernen, Strafhäusern oder auch in Werkstätten, zur Zahl der Betten in Spitälern, zur Zahl der Cubikmeter in grossen Sälen, zur Zahl der Quadratmeter bei Bodenbeleuchtung u. s. w.

Bestimmend auf die Zahl und Vertheilung der Lampen wirken auch häufig bereits bestehende Verhältnisse, wie die architektonische Gliederung, bereits vorhandene Beleuchtungskörper, als Luster, Wandarme, Candelaber u. s. w. ein, so dass Mittelwerthe nur insoferne benützt werden können, als es sich um die Zahl oder Leuchtkraft der Lampen handelt, welche auf den einzelnen Beleuchtungskörpern unterzubringen sind.

Auch die Wahl zwischen Bogen- und Glühlampen oder die Anwendung beider richtet sich jeweilig nach der Natur des zu beleuchtenden Objectes. Einen grossen Ladeplatz wird man nicht mit Hunderten von Glühlichtern, eine Bühne nicht mit einer, wenn auch noch so starken Bogenlampe beleuchten wollen. Allerdings sind Herstellung und Betrieb eines oder einiger grosser Bogenlichter billiger, als Herstellung und Betrieb vieler kleiner Lichter; man muss aber auch bedenken, dass die Helligkeit mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt, dass also bei der Anwendung eines grossen Lichtes, in dessen Nähe grosse, vielleicht unnöthige Helligkeit herrscht, in geringer Entfernung aber die Helligkeit schon bedeutend abgenommen hat; auch müssen die Lampen desto höher angebracht werden, je intensiver ihr Licht ist, weshalb in einem bestimmten Lokale die zu wählende Lichtstärke einer Lampe auch von der Höhe des Lokales abhängt. Eine gleichförmige Beleuchtung des ganzen gegebenen Raumes lässt sich mit einem oder wenigen Lichtern schwerer erreichen als mit zahlreichen Lampen. Auch die Aufhängehöhe und die Vertheilung der Lampen werden wesentlich von der Natur des zu beleuchtenden Objectes bestimmt. Jene elektrischen Lampen (namentlich Bogenlampen), welche eine bedeutend grössere Lichtstärke besitzen als unsere bisherigen Beleuchtungsmittel, müssen bei rationeller Verwendung auch höher angebracht werden.

Bogenlicht wird man in der Regel nur in grossen Sälen, auf Höfen, Plätzen, Strassen u. dgl. anwenden, während man für geschlossene Räume, wie Zimmer, Wohnungen u. s. w., gewöhnlich Glühlampen wählt. Die am häufigsten angewandten Glühlampen sind die für 16 und für 10 Normalkerzen; Bogenlampen für Säle, Festräume, Magazine erhalten Lichtstärken von 500 bis 3000 Normalkerzen, Höfe u. dgl. solche von 1000 bis 1200, Strassen, Bahngeleise u. s. w. von 1200 bis 1500 und 2000 Normalkerzen. Die Berliner Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft bemisst in ihrem Hilfsbuche zur Anfertigung von Projecten und Kostenvoranschlägen die erforderliche Helligkeit mit Rücksicht auf die Eigenart der Räume nach der Grösse der zu beleuchtenden Bodenfläche in nachstehender Weise:

A. Bei Anwendung von Glühlicht:

Elegante Wohnung:	Normalkerzen pro Quadratmeter
Salons	4·0 bis 5·0
Wohn- und Speiseräume	3·0 » 3·5
Schlafzimmer	1·5 » 2·5
Nebenräume	1·0 » 2·0
Bureau:	
Hauptbureau	5·0 » 6·0
Nebenbureau	2·0 » 2·5
Privatbureau	1·5 » 3·0
Geschäftslokale:	
Verkaufsladen ohne Auslage	4·0 » 7·0
Comptoirs und Lageräume	2·0 » 2·5

Hotels:

	Normalkerzen pro Quadratmeter
Elegante Hotelzimmer	3·0 bis 4·0
Einfache	2·0 » 3·0
Corridore, Nebenräume	1·0 » 1·5
Wirthschaftsräume	1·0 » 1·2
Festräume	9·0 » 13

Sollen Strassen mit Glühlampen beleuchtet werden, so wählt man den Abstand der Laternen von einander zu 25 bis 30 m in Hauptstrassen und zu 45 m in Nebenstrassen und bringt die Glühlampen in 3 bis 3·6 m Höhe oberhalb des Erdbodens an; sind bereits Gaslaternen vorhanden, so können diese die Glühlampen aufnehmen. Für Fabriksräume lassen sich keine allgegemein giltigen Angaben machen, weil dieselben ganz verschiedenartigen Anforderungen zu entsprechen haben. Gewöhnlich wird man aber zwischen der allgemeinen Beleuchtung derselben und der Beleuchtung der Maschinen zu unterscheiden haben, wobei für erstere 0·5 bis 1 Normalkerze pro Quadratmeter genügend ist; die Beleuchtung der letzteren wird durch deren Art und Grösse bestimmt.

B. Bei Anwendung von Bogenlicht:

In geschlossenen Räumen rechnet man 1 bis 5 Normalkerzen und bei Beleuchtungsanlagen im Freien 0·5 bis 2 Normalkerzen pro Quadratmeter.

Uppenborn*) rechnet bei Beleuchtung mit Bogenlicht auf eine Lampe von 8 A bei gleichgerichtetem Strome, welche horizontal gemessen

*) Kalender für Elektrotechniker.

520 NK, unter 45⁰ 1460 NK und im Mittel NK besitzt,

	Quadratmeter pro Lampe
für Hofbeleuchtung	2000
» Bahnhofhallen	1400
» Giessereien, allgemeine Beleuchtung .	500—600
» » specielle » .	200—250
» Maschinenfabriken und Giessereien . .	200
» Webereien	200
» Spinnereien	200

V.

Leitungen.

Als Material für die Leitungen innerhalb der zu beleuchtenden Räume*) kommt ausschliesslich isolirter Kupferdraht in Verwendung. Für Schwachströme, wie solche zum Betriebe von Klingeln, Telephonstationen u. s. w. dienen, genügt ein einfach isolirter Draht, der mit U-förmigen Klammern oder Krampen unmittelbar auf der Mauer, auf den Thürstöcken u. dgl. befestigt werden kann.

Nicht so einfach als bei Schwachstromleitungen gestalten sich die Verhältnisse für Starkströme; denn wenn bei ersteren im schlimmsten Falle eben nur ein Versagen der Anlage eintreten kann, so können im letzteren Falle mehr oder minder grosse Schäden verursacht oder Gefahren herbeigeführt werden. Der stärkeren Ströme wegen muss auch die Isolirung der Leitungsdrähte eine bedeutend bessere sein. In Bezug hierauf hat man sowohl auf die Beschaffenheit des Raumes, in welchem die Leitung verlegt werden soll, als auch auf die Art der beabsichtigten Verlegung Rücksicht zu nehmen. Blanke Drähte dürfen überhaupt nur ganz ausnahmsweise (z. B. S. 143, Fig. 62 *F*) verwendet werden. Die isolirten Drähte werden aus Kupferdrähten durch mehrfache Umspinnung, welche

---

*) Bezüglich der Aussenleitungen vergl. Elektrotechn. Bibl. Bd. XVI und XXIV.

mit einem Isolirmittel getränkt ist, hergestellt. Hierbei kann sowohl ein einfacher Kupferdraht die Leitung

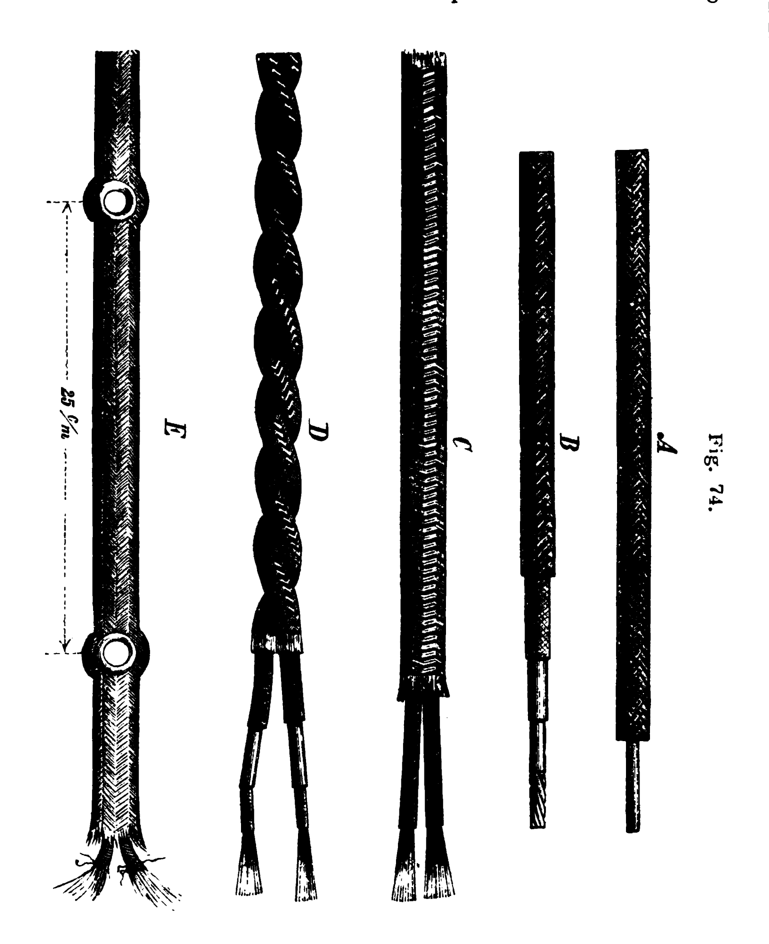


Fig. 74.

bilden, Fig. 74 *A*, als auch eine grössere oder geringere Anzahl von Drähten, die seilartig miteinander verdreht

sind, *B*. Aus der grössten Anzahl der feinsten Kupferlitzen sind die Seelen der biegsamen Leitungsschnüre gebildet, welche man z. B. für die Verbindung der tragbaren Lampen mit der Zimmerleitung (wie den Kautschukschlauch bei tragbaren Gaslampen) benützt, *C*, *D*.

Um die Befestigung von Leitungsschnüren möglichst zu erleichten, hat die Firma Perci & Schacherer in Budapest das in Fig. 74 *E* veranschaulichte System ausgebildet. Hierbei werden die zur Befestigung dienenden Isolirstücke schon bei der Fabrikation der Leitungsdrähte mit den letzteren verbunden. Bei doppelten Leitungen werden in Abständen von je 25 cm zwischen die beiden isolirten Leiter kleine Beinösen eingefügt und gleichzeitig mit dem Drahte in die gemeinsame Umklöppelung eingeflochten, so dass also eine Leitungsschnur entsteht, welche in ihrer Umklöppelung selbst in gewissen Abständen von einander stehende Oesen trägt. Zur Befestigung der Leitung braucht man dieselbe nur an die Wand anzulegen, die zu den Hülsen passenden Stifte durch letztere hindurchzustecken und mit einem leichten Hammer in die Wand einzuschlagen.

Will man die Leitungen nicht nur isoliren, sondern auch gegen äussere Einwirkung chemischer oder auch mechanischer Natur schützen, so versieht man sie ausser der Isolirung auch noch mit Hüllen aus Blei oder Eisen. Eine derartige mit Blei umpresste Leitung stellt Fig. 75 *A* dar, eine bleiumpresste und darüber asphaltirte Leitung ist in Fig. 75 *B* und endlich ein Bleikabel mit Asphaltirung und Armirung durch Eisendraht in Fig. 75 *C* abgebildet (sämmtlich ebenso wie die Leitungen in Fig. 74 *A*—*D* nach einem Katologe der Berliner Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft).

Gut isolirte Leitungen können in einfachster Weise mit Hilfe von Holzklötzchen an den Wänden befestigt werden, wie dies Fig. 76 *A* erkennen lässt. Man

verwendet hierbei gewöhnlich hölzerne Klammern die mit entsprechenden Auskerbungen versehen sind

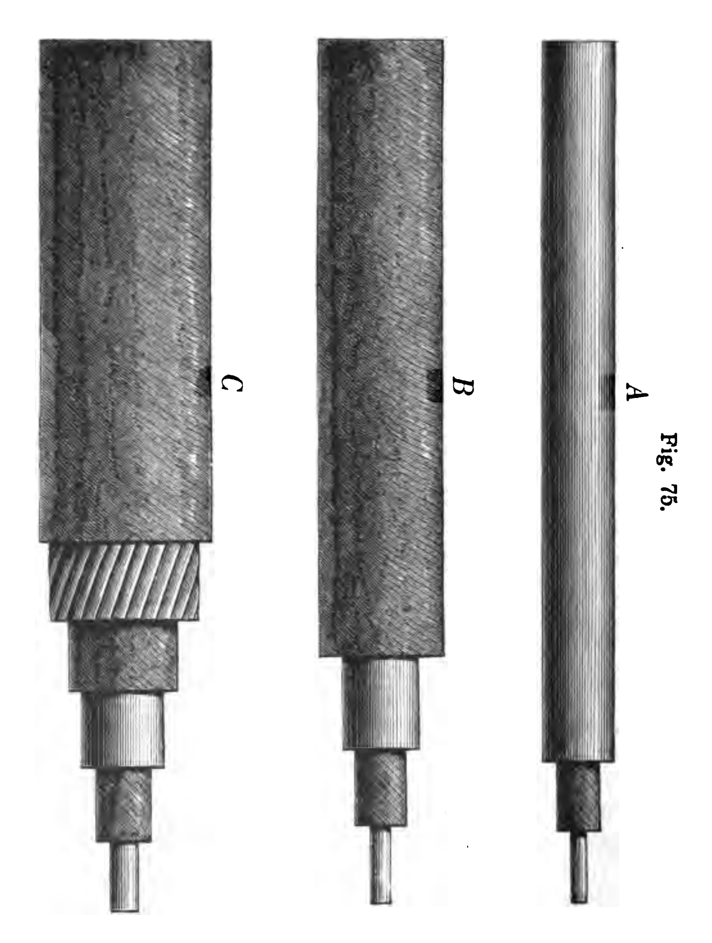


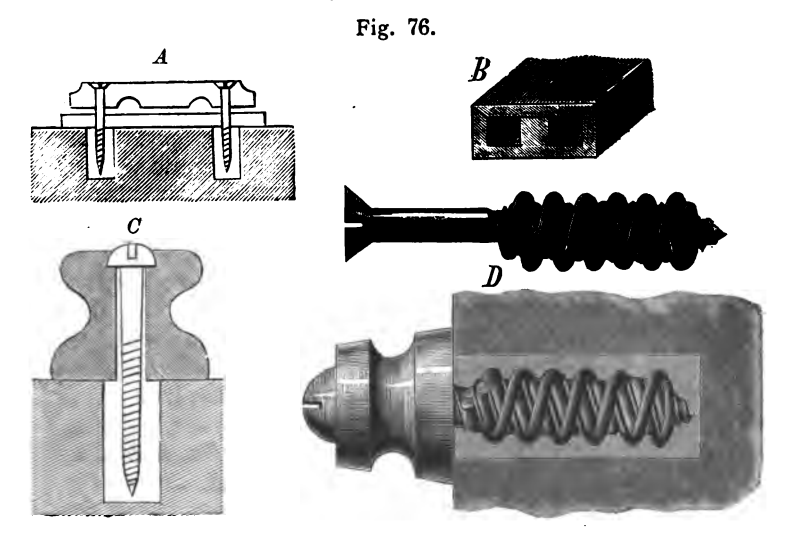
Fig. 75.

und durch Holzschrauben in Dübel u. dgl. an die Wand gepresst werden, oder besser Doppelklammern

A, bei welchen die Drähte zwischen zwei Hölzer kommen und von der Wand abstehen.

Auch Holzleisten von der in Fig. 76 *B* dargestellten oder einer ähnlichen Form können in trockenen Räumen zur Verlegung isolirter Leitungen Verwendung finden. Bei dieser früher häufiger als jetzt ausgeführten Montage werden Leisten mit so vielen

Fig. 76.



Kehlungen benützt als Leitungen nebeneinander zu verlegen sind. Diese Leisten werden mit Holzschrauben unter Vermittlung eingegypster Holzdübel auf der Mauer befestigt, hierauf die Leitungen ohne weitere Befestigung in die Nuthen eingelegt und der Verschluss durch Auflegen der Deckleiste und Befestigen derselben mittelst Holzschrauben hergestellt.

Sind die Wände nass, so müssen an Stelle der Holzklammern Klammern aus Porzellan oder Porzellanisolatoren, z. B. solche wie die in Fig. 76 *C* und *D*

abgebildeten, treten. *C* stellt die gewöhnliche Art der Befestigung des Isolators mittelst einer durch denselben gesteckten Schraube dar, welche in einem in der Wand eingegypsten Holzdübel eingeschraubt ist. — Eine eigene Art der Befestigung, nämlich unter Vermittlung der sogenannten Spiraldübel, welche Boeddinghaus (Düsseldorf) eingeführt hat, ist aus *D* ersichtlich. Im Vergleiche mit den gewöhnlichen Holzdübeln erfordern die Spiraldübel nur kleine Löcher in der Mauer, wodurch sowohl an Arbeit gespart als auch die Beschädigung der Wände und die Beschmutzung der Räume auf ein möglichst geringes Mass herabgesetzt wird. Auch lässt sich bei Anwendung der Spiraldübel die Verbindung erforderlichen Falles ohne irgend welche Umstände wieder lösen. Der Spiraldübel ist als in folgender Weise entstanden zu denken. Um eine Holzschraube von der für den betreffenden Fall nothwendigen Grösse wird ein verzinkter Eisendraht, dessen Durchmesser der Gewindeweite der Schraube entspricht, derart gewunden, dass man von den dem Schraubenkopfe näheren Ende beginnend, den Draht in die Schraubengänge einlegt, dann, nahe der Schraubenspitze angelangt, den Draht zurückbiegt und abermals spiralig, aber in entgegengesetzter Richtung um die Schraube sammt den erst ausgeführten Windungen aufwindet, bis man wieder beim Anfange der Drahtwindungen angelangt ist. Von der so erhaltenen Draht-Doppelspirale stellt die innere Spirale eine Schraubenmutter dar, welche durch die äussere Spirale eine grössere Festigkeit erhält. Das Eingypsen der Spiraldübel erfolgt, indem man in die Mauer ein Loch bohrt, welches nur wenig grösser als der betreffende Dübel zu sein braucht, dasselbe reinigt und mit Wasser ausspritzt, worauf dasselbe mit Gyps gefüllt wird; hierauf taucht man Dübel sammt Schraube in Gyps und drückt dann beide in das mit Gyps gefüllte Loch. Dann wird der herausquellende überschüssige Gyps beseitigt und sobald der

Gyps im Bohrloche anzuziehen beginnt, die Schraube herausgedreht und, um sie gegen das Rosten zu schützen, eingefettet. Nach dem Erstarren des Gypses wird dann der Isolator aufgesetzt und durch Wiedereindrehen der Schraube befestigt.

Haben die Leitungen Mauern zu durchsetzen, so muss entweder jede Leitung mit einer Hartgummi- oder Glasröhre umgeben werden, oder man führt bei

Fig. 77.



kleineren Leitungen beide in einem gemeinschaftlichen Rohre, überzieht aber jede Leitung mit einem Gummischlauch.

Die bleiumpressten Leitungen bedürfen unter gewöhnlichen Verhältnissen keines weiteren Schutzes und die bleiumpressten und eisenarmirten Leitungen können auch in Erdboden oder unter Putz verlegt werden, während erstere hierzu nicht verwendet werden sollen, da die Bleiumpressung gegen äussere Verletzung, z. B. durch Einschlagen von Nägeln oder Haken in die Mauer keinen Schutz gewährt.

Um Drähte oder Drahtlitzen, beziehungsweise die Kupferseelen der Kabel untereinander in bequemer und sicherer Weise verbinden zu können, versieht man dieselben mit besonderen Endstücken oder Kabelschuhen, wie solche z. B. in Fig. 77 (Modell Siemens & Halske) abgebildet sind. Bei derartigen Kabelschuhen wird die federnde Hülse auf die Leitung aufgeschoben und mit derselben durch Verschraubung oder Verlöthung verbunden, während der flache gerade oder rechtwinkelig umgebogene Ansatz eine Bohrung besitzt, durch welche eine Schraube gesteckt wird, die zur Herstellung der Verbindung mit einer zweiten Leitung dient.

Fig. 78.

Eine von derselben Firma in jüngster Zeit construirte Verbindungsklemme,*) die in Fig. 78 schematisch dargestellt ist, zeichnet sich dadurch aus, dass mittelst derselben auf ausserordentlich einfache Weise an durchgehende Hauptleitungen nachträglich ohne Weiteres Abzweigleitungen angeschlossen werden können und zwar unter Anwendung nur einer Schraube *c*, durch welche unter Vermittlung des Zugbügels *a* und des Druckbügels *b* mit genau gleicher Kraft der Contact einerseits zwischen der Klemme und der Hauptleitung *d* und andererseits zwischen der Klemme und dem Kabelschuh *e* der Abzweigleitung bewirkt wird.

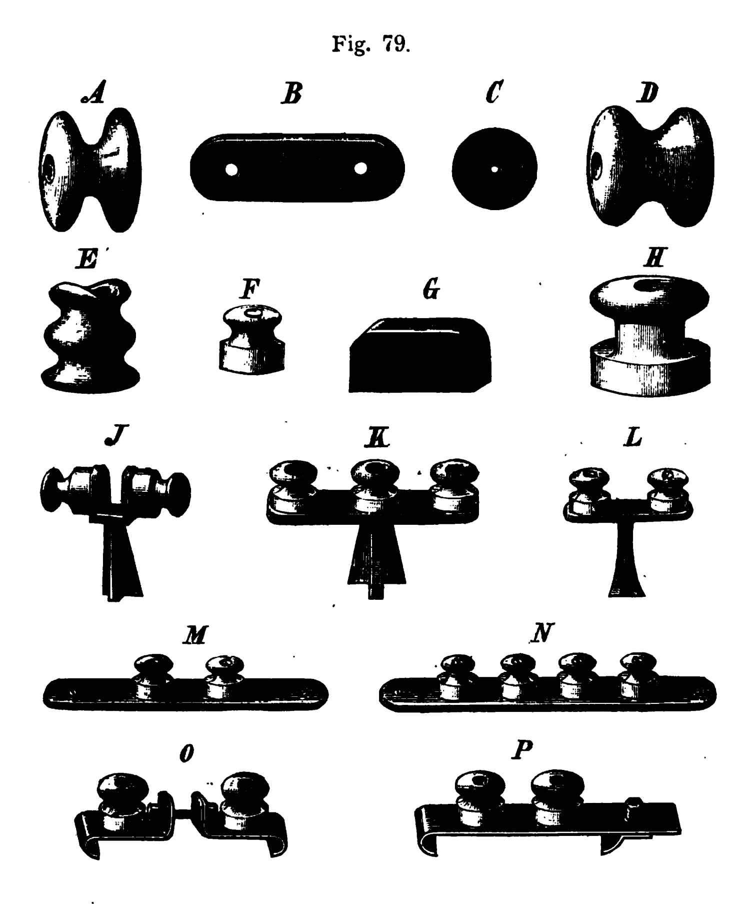
Eine besonders sorgfältige und zweckmässige Ausbildung hat die Berliner Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft ihrem Installationsmateriale unter Anordnung von Porzellan und Eisen angedeihen lassen. Fig. 79 ist aus den Musterkarten dieser Gesell-

---

*) Berliner Elektrotechn. Zeitschrift. 1897.

schaft zusammengestellt. *A* und *D* sind Porzellan-isolirrollen, *B* und *C* Unterlagsscheiben aus demselben

Fig. 79.



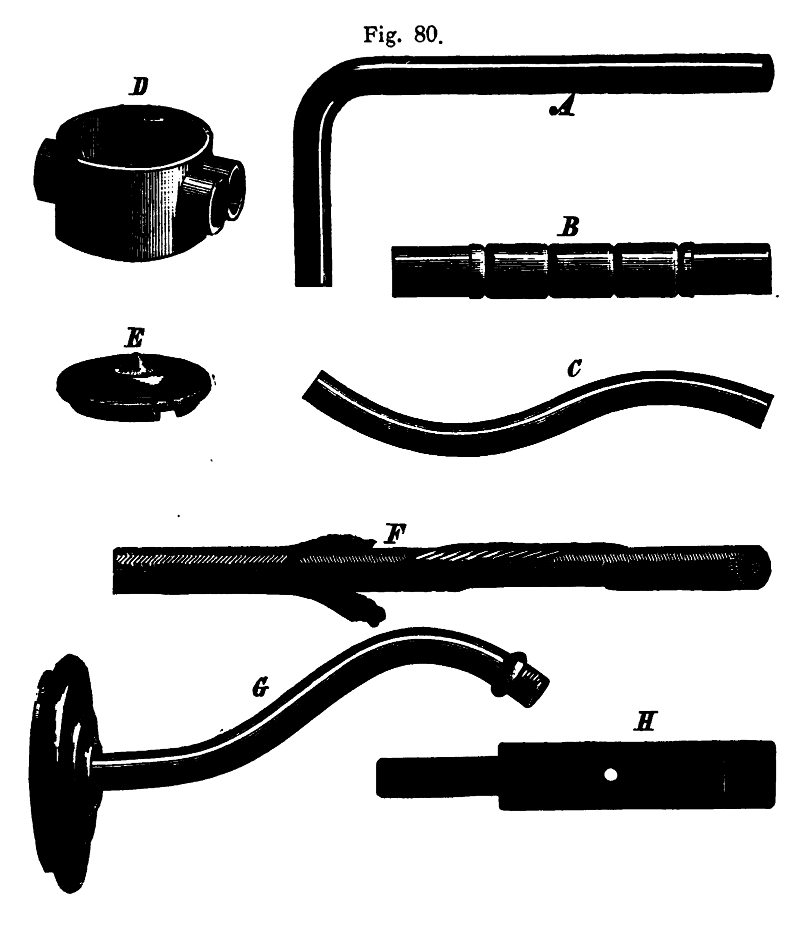
Materiale, desgleichen stellen *E* bis *H* Isolirknöpfe, Rollen und Klemmen aus Porzellan dar. *J* ist ein Eck-isolator, *K* und *L* sind Isolatoren für drei und zwei

Leitungen; die Befestigung der betreffenden Isolatorenträger findet durch Eingypsen statt. *M* und *N* sind Verbindungsstücke für zwei und drei Leitungen; *O* und *P* sind Schellenisolatoren zur Befestigung an T-Trägern.

Ein ganz eigenartiges Installationsmaterial, welches mancherlei Vortheile besitzt, ist von der Interior-Conduit and Insulation Company in New-York geschaffen und von S. Bergmann & Co. auch in Europa auf den Markt gebracht worden. Nach der hierbei geübten Installationsmethode wird zuerst ein Röhrensystem verlegt und hierauf in dieses die elektrische Leitung eingezogen. Die Röhren bestehen aus einer Papiermasse, welche bei hoher Temperatur mit einer Isolirmasse getränkt wird, wodurch die Röhren eine dem Hartgummi ähnliche Steife erlangen und an den Innen- und Aussenflächen sehr glatt werden; sie sind dann wasserdicht und besitzen ein entsprechendes Isolationsvermögen. Es werden gerade und gekrümmte Rohre von verschiedenen Durchmessern hergestellt, und zwar die geraden Rohre in Baulängen von 3 Meter; zwei Formen solcher gekrümmter Rohre sind in Fig. 80 *A* und *C* dargestellt. Die Verbindung der Rohre untereinander erfolgt in der Weise, dass man sie mit glatten Enden aneinanderstösst, während man über dieselben ein Stahlrohr von äusserst geringer Wandstärke schiebt; der Durchmesser des letzteren ist nur um ein Geringes grösser als jener der Papierrohre. Das Stahlrohr wird dann durch eine eigens geformte Zange an vier Stellen derart eingewürgt, dass sich je zwei dieser Würgestellen zu jeder Seite des Zusammenstosses der Rohre befinden, Fig. 80 *B*. Man erhält in solcher Weise eine sehr feste und fast luftdichte Rohrverbindung; noch sicherer erreicht man den Abschluss, wenn man den Stahlcylinder vor dem Würgen etwas erwärmt. Die Befestigung der Röhren an den Wänden kann durch gewöhnliche Krampen erfolgen oder, was zweckmässiger ist, mit Hilfe der Messingbänder *H*. Dieselben

werden durch Schrauben, welche man durch das mittlere Loch der Bänder steckt, an den Wänden oder

Fig. 80.



an der Decke befestigt; hierauf biegt man das Band um das festzumachende Rohr und schliesst ersteres,

indem man sein schmales Ende durch den Schlitz im breiten Ende steckt und hierauf umbiegt. Zur Verbindung einzelner Leitungsstrecken kommen Büchsen aus demselben Materiale wie die Rohre, aber viel kräftiger construirt und mit Metallrändern versehen in Verwendung. Je nach ihrer Bestimmung als einfache Verbindungsstellen, Anschlussstellen einer Neben- an eine Hauptleitung, Verzweigungsstellen u. s. w. sind dieselben mit einer entsprechenden Anzahl entsprechend angebrachter seitlicher Röhrenansätze versehen, wie dies Fig. 80 *D* z. B. für eine Leitungsgabelung darstellt; der Deckel *E* mit Bajonnettverschluss dient zum Abschlusse der Büchse. Solche Büchsen dienen nicht nur für die bereits angegebenen Zwecke und um das Einziehen der Leitungen zu ermöglichen, sondern können auch sonst noch mannigfache Verwendung finden, wie z. B. zur Anbringung der Ausschalter, der Bleisicherungen und zum directen Anschlusse von Beleuchtungskörpern; so kann z. B. der Wandarm *G* direct an einer solchen Dose angebracht werden.

Das Leitungsmaterial besteht aus biegsamen Kupferlitzen, welche in gleicher Anzahl als Hin- und Rückleitung concentrisch zu einander angeordnet sind, Fig. 80 *F*. Der innere Leiter ist durch Gummiisolirung und Umklöppelung von dem äusseren Leiter, der den inneren Leiter in einer langgezogenen Spirale umschliesst, getrennt und der äussere Leiter abermals mit einer Umklöppelung umhüllt, die mit einer Isolationsmasse getränkt ist. Das Einführen dieser Leitungen in die vorher fertig gestellten Rohrleitungen erfolgt mit Hilfe eines Stahlbandes, das an seinem vorderen Ende mit einer Kugel versehen ist; dasselbe lässt sich durch eine Rohrlänge von etwa 20 Meter, auf welche z. B. vier Krümmungen fallen, ganz gut durchdringen. Ist dann die Kugel in einer der Büchsen angekommen, so befestigt man am rückwärtigen Ende des Stahlbandes die Leitung und führt dieselbe in die

Röhren ein, indem man das Stahlband durch die Büchse herauszieht. Um das Durchziehen zu erleichtern, bläst man vorher pulverisirten Speckstein in die Röhren.

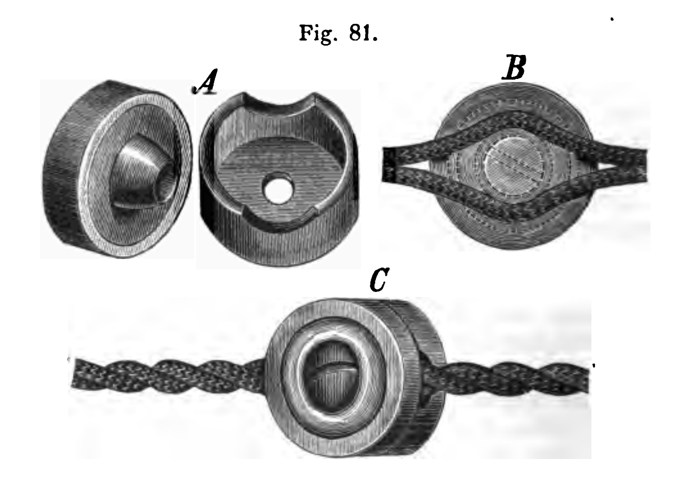
Die beschriebene Installationsmethode gestattet die Verlegung der Leitungen nicht nur auf den Verputz, sondern auch unterhalb desselben, falls der betreffende Verputz keine ätzende Wirkung auf die Papierrohre ausübt. Ist letzteres der Fall, so kommen Bergmannrohre mit Metallüberzug zur Anwendung. Letzterer besteht aus dünnem Messing- oder vernickeltem Stahlbleche, welches die Papierrohre ihrer ganzen Länge nach als festhaftender Ueberzug umhüllt und dadurch gegen die ätzende Wirkung des Verputzes schützt. Bei solchen Anlagen, bei welchen die Leitungen mechanischen oder chemischen oder auch beiderlei Beschädigungen ausgesetzt sind, wie z. B. in Berg- und Hüttenwerken, Tunnels, chemischen Fabriken u. s. w., kommen endlich Bergmannrohre mit einer förmlichen Eisenarmirung zum Einbaue. Bei diesen ist das Papierrohr in starken Eisenröhren eingeschlossen, welche mit Gasgewinden versehen sind und durch besondere Verbindungsmuffen miteinander verbunden werden. Die dazu erforderlichen Vertheilungskästen können eine Armirung aus Gusseisen erhalten.

Das Bergmann'sche Installationssystem hat den Vortheil, dass schadhaft gewordene Leitungen leicht ausgewechselt oder schwächere durch stärkere ersetzt werden können, ohne Mauerarbeiten und dergleichen vornehmen zu müssen. Das Verlegen der Leitungen in Röhren gewährt aber auch eine gewisse Sicherheit, da bei dem fast luftdichten Verschlusse dieser Röhren das Heisswerden oder Abschmelzen der Drähte infolge eines zu starken Stromes keine Zündung zu bewirken vermag. Ausserdem sind Hin- und Rückleitung so nahe aneinander, dass der geringste Isolationsfehler gleich einen Kurzschluss herbeiführt, durch welchen

die Stromstärke so weit erhöht wird, dass die Bleisicherung sofort abschmilzt und dadurch den Stromkreis unterbricht.

Eine andere Art der Installation, die sich für bewohnte Räume eignet, besteht in der Anwendung von Leitungsschnüren, welche sowohl in ihrer Farbe, als auch in der Führung der jeweiligen Tapete, Malerei, Täfelung, Stuccatur u. s. w. angepasst werden kann.

Fig. 81.



Zur Befestigung dieser Schnüre an Wänden und Decken hat unter Anderem z. B. F. Heller (Nürnberg) den in Fig. 81 dargestellten Klemmisolator in Handel gebracht. Derselbe besteht aus zwei Theilen, von welchen der untere schüsselförmig gestaltet ist und am Rande zur Führung der Schnur zwei Kerben besitzt, *A*.

Der obere Theil (oder Deckel ist mit einem conischen Zapfen versehen und beide Theile werden durch eine gemeinschaftliche Schraube an der Wand oder Decke befestigt, wobei man die Schraube zunächst noch nicht vollständig festzieht, so dass das Deckelchen

nur lose aufsitzt, um dadurch das Heben desselben um einige Millimeter, d. h. die Dicke einer Schnurlitze, zu ermöglichen. Auf diese Weise werden zuerst sämmtliche Isolirklemmen, den Umständen entsprechend, in Entfernungen von 30 bis 80 cm von einander angeschraubt. Dann bildet man an den betreffenden Stellen der Schnur durch Aufdrehen je eine Oese, die so gross zu machen ist, dass man dieselbe bequem über die angeschraubten Deckelchen stülpen und hierauf die zwei Litzen derart zwischen Ober- und Untertheil einschieben kann, dass dieselben zu beiden Seiten des conischen Zapfens liegen und durch die Kerben des Untertheiles die Schnur in gerader Richtung gehalten wird, wie in *B*, wo man sich das Deckelchen durchsichtig gezeichnet denken muss. Hierauf dreht man die Schnur wieder möglichst zusammen, zieht sie straff an und schraubt die Schraube vollständig ein, wie dies in *C* dargestellt ist.

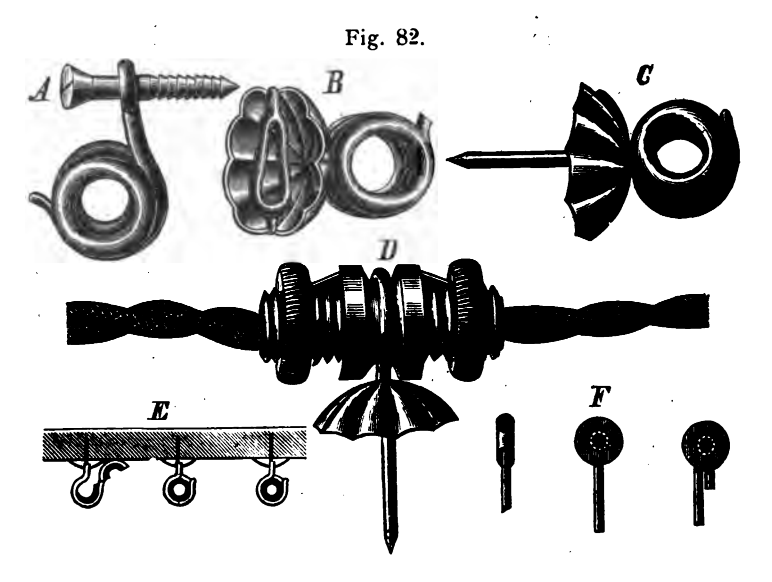
Die Klemmisolatoren sind aus Steatit gefertigt und werden in 18 verschiedenen Farben geliefert.

Man kann also in Verbindung mit entsprechend farbigen Leitungsschnüren die Installation allen Tapeten, Wänden und Decken anpassen. Der gebrannte Steatit (oder Speckstein) ist hart, fest und nicht so zerbrechlich wie Porzellan, gegen Hitze, Kälte, Feuchtigkeit, Säuren, Gase u. s. w. beständig und ist auch unglasirt ein sehr guter Isolator.

Uppenborn beschreibt ein Installationssystem, welches von Peschel angegeben wurde und von der Firma Hartmann & Braun in den Handel gebracht wird und das gleichfalls geeignet erscheint, bei Installationen in eleganten Wohnräumen, namentlich, wenn dies nachträglich geschehen soll, zur Verwendung zu gelangen. Als Isolirmaterial dienen Porzellanringe oder nach Umständen auch Ringe aus farbigem Glase in verschiedenen Grössen, und zwar sowohl als ganze, als auch als getheilte Ringe. Letztere dienen namentlich

lich dazu, an der bereits verlegten Leitung weitere Stützen anzubringen oder auch zur bequemeren Montirung stärkerer Leitungen. Die Isolatorenträger bilden für billige Installationen Rohrhaken oder Krampen, Fig. 82*A*, während für elegante Wohnräume eigene Isolirhaken benützt werden, die etwa mit einer Oese zum Aufhängen, Fig. 82*B*, oder mit einem Nagel zum

Fig. 82.



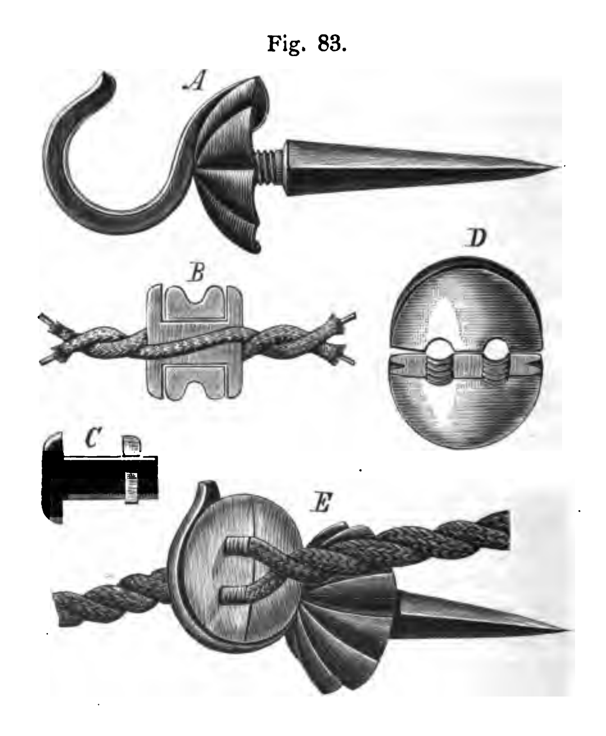
Einschlagen in die Wand versehen sind, Fig. 82*C*. Die Isolirhaken umschliessen die Ringe federnd um etwas mehr als den halben Umfang und sichern dadurch deren Lage vollkommen. Da die Leitungen lose in den Rollen hängen, bedarf man einer Art Abspannvorrichtung, Fig. 82*D*, um die Leitungen festzulegen. Sie besteht aus einer länglichen aufgeschlitzten Porzellanröhre, in deren Schlitz ein Presskeil eingelegt wird, welcher beiderseits conisch gestaltet ist. Dieser

Doppelkeil wird durch zwei über das Rohr geschraubte Schraubenmuttern in das Rohr eingepresst und klemmt dadurch das Leitungsmaterial fest. Da die abgebildeten Haken (Fig, 82 *A B C*) sich für Deckenüberführungen und vertical gezogene Leitungen als nicht ausreichend gezeigt haben, wurde zu denselben auch noch eine Schraube mit federndem Ohre gefügt. Auch diese werden sowohl zur Befestigung ganzer als auch getheilter Ringe verwendet. Für letztere kann die Oeffnung des Federhakens noch kleiner als bei den gewöhnlichen Haken genommen werden. Die Art der Einlegung solcher getheilter Ringe ist aus Fig. 82 *E* ersichtlich. Eine weitere Eigenart des Systemes bilden die sogenannten Endverschlüsse, durch welche das Unterklemmen der Leitungen durch Schrauben an den verschiedenen Verbindungsstellen viel vollkommener gesichert wird als beim einfachen Festklemmen des Drahtendes; sie haben den Zweck, an Kabelenden die Drähte zusammenzuhalten und bei Drahtenden das Aufgehen der Oesen zu verhindern. Diese Endverschlüsse oder Oesen bestehen aus einem Metallringe mit beiderseits etwas umgebördelten Kanten, Fig. 82 *F*; um diesen Metallring wird der Draht oder das Kabel herumgelegt, eventuell etwas verwürgt und dann der Ring mit einer eigens zu diesem Zwecke bestimmten Niet- oder Oesenzange um die Drahtschleife herumgepresst und flachgedrückt, wie dies die Figur zeigt. Will man noch eine besondere Vorsicht anwenden, so taucht man die fertigen Oesen in geschmolzenes Zinn. Man erhält in dieser Weise grosse und vollkommen glatte Auflagflächen, welche sowohl einen guten Contact geben, als auch vollständige Gewähr gegen das Herausreissen der Leitungsenden unter den Klemmschrauben leisten.

Das vorstehend beschriebene Installationsmaterial hat seither Abänderungen erfahren, welche Peschel auf Grund der inzwischen gemachten Erfahrungen

durchführte. Für Räume, deren Wände häufig gereinigt, tapezirt oder gemalt werden müssen, wie z. B. in Spitälern, Miethwohnungen und dergleichen, wünscht man, dass die Leitungen sammt ihren Haltern leicht

Fig. 83.



abnehmbar seien. Um dies zu erreichen, werden die Metallrosetten mit Gewinden versehen und auf vorher in die Wand eingetriebene Stahldübel aufgeschraubt, Fig. 83 *A*. Der Haken wird nunmehr aus stark federndem, flach gepresstem Drahte gebildet, welcher zur Hälfte in eine in die Rosette eingeprägte Nuth eingesetzt ist, wodurch beim Auftreten eines seitlichen Zuges

dieser auf den Nagelkopf, beziehungsweise die Rosette übertragen und dadurch eine widerstandsfähigere Verbindung als beim alten Modelle Fig. 82 *C* erzielt wird.

Zur Festlegung der Leitungen in getheilten Ringen werden Einlagstücke aus Hartfieber oder einem anderen geeigneten Isolirmaterial verwendet. Eine derartige Einlage und zwar in I-Form, wie sie für Einfach- und Doppelleitungen benützt wird, ist aus Fig. 83 *B* zu ersehen. Der Körper der Einlage ist so breit, dass er bequem in die lichte Weite des Ringes passt und etwas länger als der Hohlraum des Ringes, so dass die Ansätze des Einlagstückes die Ringflächen übergreifen. Bei Verlegung von Doppelleitungen wird das Einlagstück zwischen beide Litzen eingeschoben und sammt der Doppelleitung in den Ring eingesetzt, wie dies in der Abbildung dargestellt ist. Bei ungetheilten Ringen kommen T-förmige Einlagstücke zur Verwendung, welche seitlich in den Ring eingeschoben werden. Durch das durchgesteckte Ende des Einlagstückes wird dann ein Keil gesteckt, der das Herausfallen des Einlagstückes verhindert, Fig. 83 *C*. Eine andere einfache Befestigung der Leitungen in den Ringen ist in Fig. 83 *D* und *E* dargestellt. Hierbei besteht der Isolirkörper aus zwei Halbscheiben, die zusammengelegt einem Ringisolator entsprechen und wie dieser in einen federnden Haken eingeklemmt werden können. In der Schnittfläche befinden sich zwei cylindrische Bohrungen, welche zur Aufnahme der Drähte dienen, die durch die Rillen in den Bohrungen festgehalten werden.

Die Installirungsarbeit selbst gestaltet sich mit dem beschriebenen Materiale sehr einfach. Nachdem die Isolatorenträger eingeschraubt, eingehängt oder eingeschlagen worden sind, werden über die Leitung so viele Porzellanringe geschoben, als man Stützen befestigt hat, dann drückt man diese Ringe in die Haken und die Verlegung der Leitung ist vollendet. Hierbei kann man die Leitungen sowohl gespannt verlegen als

auch etwas durchhängen lassen, wodurch sie ganz gut decorativ wirken können.

Als Vorzüge dieses Installationssystemes werden angeführt: Die Beseitigung der Löthstellen, welche unschön sind und deren Herstellung in eleganten Wohnräumen eine missliche Sache ist, durch Benützung der Endverschlüsse, welche ohne Löthung vollkommen sichere Verbindungen ermöglichen. Es wird eine vorzügliche Isolation erreicht, die Montage ist einfach, rasch auszuführen und daher billig; es wird hierbei wenig Schmutz gemacht, da ausser dem Durchsetzen von Wänden keine Mauerarbeiten erforderlich sind. Das Leitungsmaterial wird sehr geschont, kann leicht abmontirt werden und wieder als solches in Verwendung kommen. Die Leitungen können in beliebig eleganter Weise durch Anwendung von Seidenleitungen hergestellt werden, so dass sie in Uebereinstimmung mit der sonstigen Ausstattung des betreffenden Raumes decorativ in demselben wirken.

VI.

Nebenapparate.

Unter der gemeinschaftlichen Bezeichnung Nebenapparate sollen alle jene bisher noch nicht beschriebenen Vorrichtungen zusammengefasst werden, welche zur Controle des Betriebes, zur Controle des Consums und zur Sicherung des Betriebes dienen; es sind dies die Mess- und Controlapparate für die Stromerzeugung, die Consum- oder Verbrauchsmesser und die Schalt- und Sicherheitsvorrichtungen.

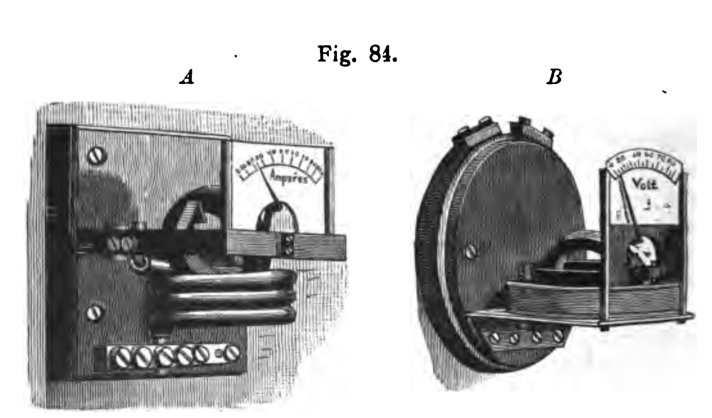
Die **Mess- und Controlapparate** für den elektrischen Strom lassen sich entsprechend den Constanten des elektrischen Stromes in drei Gruppen theilen, und zwar in Voltmeter oder Spannungsmesser, Ampèremeter oder Strom(stärke)messer und Ohmmeter oder Widerstandsmesser.

Als Isolationsmesser dienen gewöhnlich Voltmeter, welche durch Angabe der Potentialdifferenz zwischen der Stromleitung und einem bestimmten ausserhalb liegenden Punkte ein Mass für den Isolationszustand der Leitung darbieten. Die genannten Apparate sollen nachstehend an einigen Beispielen erläutert werden. In Fig. 84 *A* und *B* sind der elektrodynamische Stromzeiger und Spannungsmesser von Siemens & Halske abgebildet. Der Stromzeiger

(*A*) dient zur Controle der Stromstärke bei Parallelschaltung der Lampen und ist auf bestimmte Spannung adjustirt. Er besteht aus einer durch wenige Windungen starken Kupferdrahtes gebildeten Spirale und einem mit vielen Windungen dünnen Drahtes bewickelten drehbaren Ringe, dessen Drehachse die verticale Achse der dicken Spirale rechtwinkelig durchschneidet und der ungefähr bis zur Hälfte seines Umfanges in diese Kupferspirale eingesenkt ist. Dieser

Fig. 84.

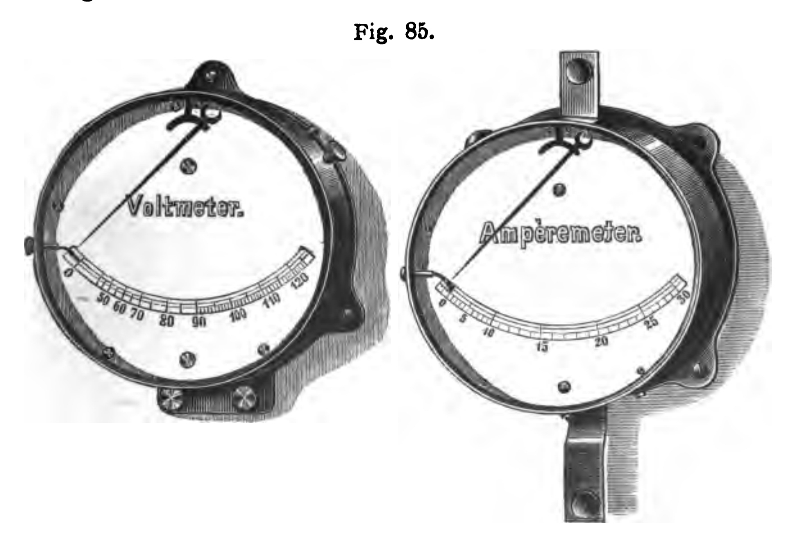
A *B*



Ring ist mit einem Zeiger verbunden, welcher auf einer in Ampère eingetheilten Scala einspielt. Der zu messende Strom geht durch die dicken Windungen, während der bewegliche Ring in eine Glühlampe eingeschaltet wird, so dass ein schwacher, aber constanter Strom denselben umkreist und demzufolge durch die zwischen beiden Stromkreisen zur Wirkung kommende elektrische Anziehung eine der Stromstärke proportionale Drehung des Ringes hervorgerufen wird. Dieser Drehung entsprechend, deutet der Zeiger bei gleichbleibender Spannung im Stromkreise die Zahl der denselben durchfliessenden Stromeinheiten in Ampère an.

Der Spannungsmesser (*B*) besteht gleichfalls aus einem festen und einem drehbaren Drahtringe. Durch diese Drahtringe wird der zu messende Strom geführt und die in Folge davon am drehbaren Ringe eintretende Abweichung aus seiner Gleichgewichtslage mittelst des mit dem Ringe verbundenen Zeigers an einer Scala abgelesen, welche die Spannung des Stromes in Volt angibt.

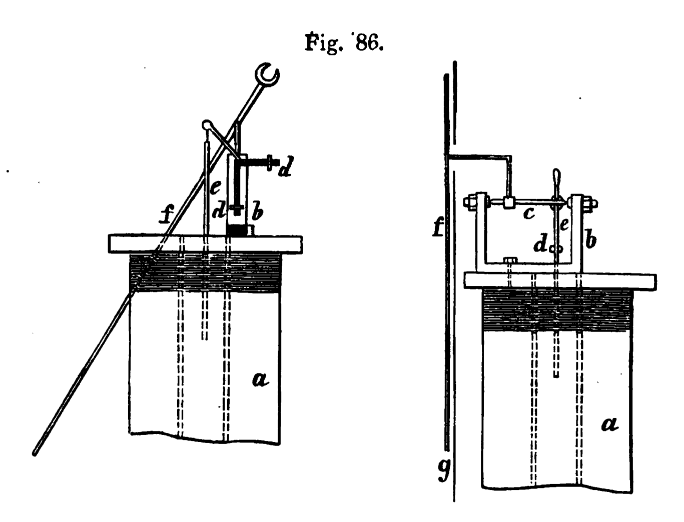
Fig. 85.



Die Strom- und Spannungsmesser (System von Dolivo-Dobrowolsky) der Berliner Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft beruhen auf der anziehenden Wirkung, welche ein stromdurchflossenes Solenoid auf einen frei beweglich aufgehängten Eisendraht ausübt. Fig. 85 zeigt diese Messapparate in perspectivischer Ansicht. Ihre Construction ist aus Fig. 86 ersichtlich. Auf dem Solenoide *a* ist der Rahmen *b* befestigt, welcher die mit grosser Sorgfalt gearbeiteten

Kernschrauben trägt, die zur Lagerung der horizontalen Achse *c* dienen. An dieser sind der Eisenkern *e*, der auf der Scala *g* spielende Zeiger *f* und die mit den Regulirgewichten *dd* versehenen Hebel angebracht. Der Eisenkern ist zur Erhöhung der Zugkraft aus einzelnen dünnen Eisendrähtchen gewunden, wiegt nur ungefähr 0·04 Gr. und ist durch Vernicklung gegen das Rosten geschützt. Durch die Länge und Anfangs-

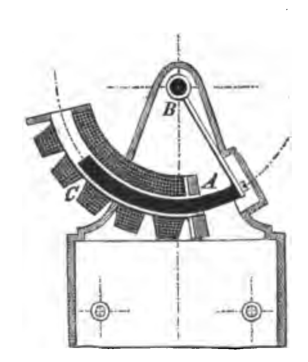
Fig. 86.



lage desselben wird die Herstellung beliebiger Scalen ermöglicht und richtet man dieselben bei den Voltmetern derart ein, dass an der Gebrauchsstelle eine möglichst gedehnte Theilung zu Stande kommt, während man bei den Ampèremetern darauf sieht, dass der ganze Zeigerspielraum in möglichst gleich grosse Theile zerfällt, um dadurch das Instrument zur Messung aller Werthe von Null bis zum Maximalwerthe verwenden zu können. Die Wicklung der Spulen ist aus Kupfer- und Nickelindraht derart hergestellt, dass bezüglich

des Widerstandes der Nickelindraht weitaus überwiegt, um Widerstandsänderungen im Kupferdrahte durch Erwärmung möglichst herabzumindern. Da der Gesammtwiderstand ein hoher ist, so tritt im Spannungsmesser nur ein sehr geringer Verbrauch elektrischer Energie (1 bis 4 Watt) ein. Eine Beeinflussung des Apparates durch ausserhalb befindliche Stromleiter ist durch die äusserst geringe Eisenmasse und dadurch vermieden, dass sich diese ganz innerhalb der Kraftlinien der Spule befindet.

Fig. 87.



Im Strommesser ist die Spule aus isolirten Kupferdrähten hergestellt, wenn der Apparat zur Messung geringer Stromstärken bestimmt ist, wird aber für die Messung starker Ströme aus Kupferscheiben aufgebaut, die aufgeschnitten und durch Zwischenstücke zu einer Spirale vereinigt werden.

Von verschiedenen Firmen sind auch Voltmeter construirt worden, welche durch ein optisches oder akustisches Zeichen anzeigen, wenn die Stromspannung eine bestimmte obere oder untere Grenze überschreitet. Als optisches Signal dienen bei solchen Signal- oder Contactvoltmetern verschiedenfärbige Glühlampen,

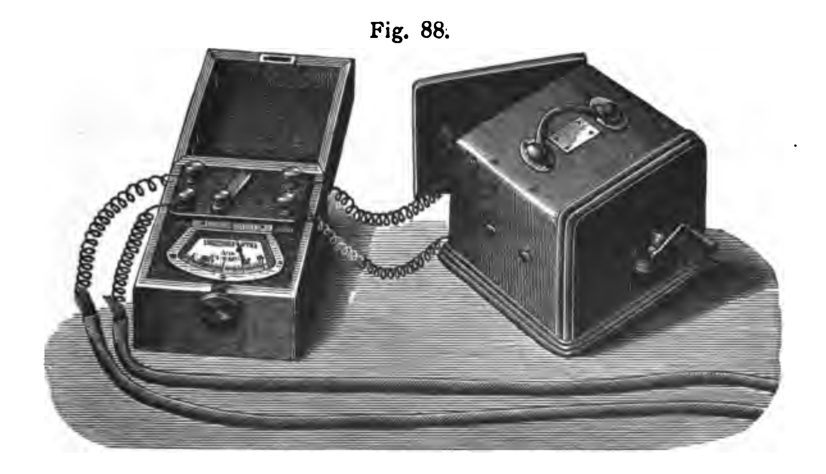
als akustisches Signal verschieden gestimmte Glocken. In sehr einfacher Form ist ein derartiger Controlapparat z. B. von der vormaligen Firma Brückner, Ross & Consorten construirt worden. Derselbe ist in Fig. 87 in Ansicht und Schnitt dargestellt und besteht aus einem kreisförmig gebogenen, weichen Eisenstücke *A*, welches um *B* drehbar aufgehängt ist, und den Kern des Solenoides *C* bildet. Die einzelnen Spulen des letzteren sind, um Temperaturdifferenzen unschädlich zu machen, aus Neusilberdraht hergestellt und die Verhältnisse wurden hierbei so bemessen, dass die Anziehung des Kernes der Stromstärke nahezu proportional erfolgt. Der Anziehung durch das Solenoid wirkt die Schwere des Eisenkernes entgegen; die Bewegungen desselben werden durch einen auf der Achse *B* sitzenden Zeiger angezeigt, der auf einer Scala spielt, welche die Stromspannung in Volt angibt.

Für die Praxis erscheint ein derartiges Signalvoltmeter besonders brauchbar, weil es den Maschinenwärter nicht nöthigt, die Scala zu beobachten, sondern demselben ein weithin sichtbares oder hörbares Zeichen gibt, wenn die Stromspannung über oder unter das gewünschte Mass geht. Zu diesem Behufe ist nämlich an jeder Seite des Zeigers eine Contactfeder angebracht, die mit dem ihr gegenüberstehenden Contactstifte in Berührung kommt, sobald die Spannung zu hoch oder zu niedrig wird. Der Zeiger steht mit dem Stromkreise in Verbindung und sendet dadurch Ströme durch die eine oder die andere (z. B. blaue oder rothe) Glühlampe. An Stelle dieses optischen Signales kann dem Wärter natürlich auch ein akustisches gegeben werden; man hat dann an Stelle der verschiedenfarbigen Lampen nur verschieden gestimmte Läutewerke einzuschalten.

In Fig. 88 ist das Ohmmeter von Gooldon-Evershed abgebildet, welches sich auch für Isolationsmessungen ausserhalb des Laboratoriums sehr gut eignet. Die Anregung zu dieser Form des Instrumentes,

welches Aehnlichkeit mit dem Proportionalgalvanometer von Carpentier hat, ging von Ayrton und Perry aus. Dem Vorschlage Uppenborn's entsprechend, dient hierbei ein kleiner Magnetinductor als Stromquelle, dessen elektromotorische Kraft von 100 oder 120 V der Betriebsspannung entspricht. Der Apparat besteht aus einem Ohmmeter für directe Ablesung von 10.000 Ohm bis 5 Megohm und einem tragbaren Magnet-

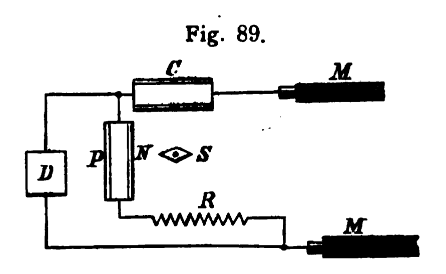
Fig. 88.



inductor besonderer Construction, welcher 100 bis 120 V gibt, wenn man die Kurbel mit einer Geschwindigkeit von 120 Umdrehungen in der Minute dreht. Behufs Prüfung des Isolationswiderstandes irgend eines Stromkreises legt man die zu untersuchenden Drähte an die Klemmen des Apparates und dreht die Kurbel; die Nadel zeigt dann unmittelbar die Anzahl der Tausend Ohm oder Megohm an, welche den Isolationswiderstand darstellen. Im Schema (Fig. 89) ist der Inductor mit D bezeichnet, mit C die Stromspule, die zu den Leitungen MM, deren Isolations-

widerstand man zu messen hat, im Hauptschlusse geschaltet ist, während die Spannungsspule P, von grossem Widerstande, einen Nebenschluss zum Inductor bildet. Die Richtung des resultirenden magnetischen Feldes der Strom- und der Spannungsspule wird durch das Verhältniss der Ströme in denselben bestimmt. Bezeichnen w den Widerstand der Stromspule, x den Isolationswiderstand der zu messenden Leitungen und W den Gesammtwiderstand der Spannungsspule und ihres Hauptschlusswiderstandes, so ist

Fig. 89.

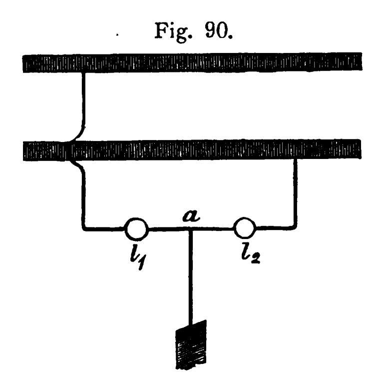


der Strom in der Stromspule $\frac{E}{w+x}$ und in der Spannungsspule $\frac{E}{W}$, woraus zu ersehen, dass die Richtung des resultirenden Feldes nur von $\frac{w+x}{E}$ abhängt. Da die Nadel entweder astatisch ist oder in ein durch einen neutralisirenden Magnet nahezu auf Null reducirtes Feld gestellt wird, so hängt die Stellung der Nadel NS von $\frac{w+x}{W}$ ab. Das Glied w wird bei der Ablesung unterdrückt, so dass jeder Theilstrich $w+x$ entspricht und die Zahl der Ohm als x Ohm angegeben wird. Folglich hängt die Stellung der Nadel

nur von dem Verhältnisse $\frac{x}{W}$ ab. Die zumeist gebräuchlichen Ohmmeter, die eine Ablesung von 5 Megohm bis zu 100.000 Ohm herab gestatten, besitzen nur eine Scala, und die Stromspule ist nur mit einem oder zwei Nebenschlüssen versehen, um die Ablesung bis zu 10.000 oder 100.000 Ohm herab zu ermöglichen.

Der beschriebene Apparat dient sowohl als Ohmmeter als auch als Streckenprüfer; der Inductor für

Fig. 90.



sich wird zweckmässig zur Continuitätsprüfung bei Hausanschlüssen u. s. w. benützt. Wenn die Kurbel mit einer mässigen Geschwindigkeit gedreht wird, so kann jedes Paar von Einzelleitungen durch Herstellung des Contactes und Anzeige durch den Ausschlag geprüft werden, ob der Stromkreis intact ist. Der ganze Vorgang ist ausserordentlich vollkommen und sicher. Einen Kurzschluss an irgend einer Stelle der Vertheilungsleitung entdeckt man durch das schwere Angehen der Inductorkurbel und durch das heftige Funkensprühen am Commutator.

Zur automatischen Anzeige von Erdschlüssen kann man sich der in Fig. 90 schematisch angegebenen

Anordnung bedienen. Man schaltet in einen Nebenschluss zu den beiden Leitungen (oder zur + und — Schiene) eine Anzahl von Lampen $l_1 l_2$, die man hintereinander verbindet und leitet die Mitte *a* dieser Lampenreihe zur Erde ab. Entsteht dann ein Erdschluss an dem einen oder anderen Pole, so verräth sich dieser durch helleres Brennen der einen und dunkleres Brennen der anderen Hälfte der Lampenreihe. Allerdings wird hierbei vorausgesetzt, dass nicht gleichzeitig in beiden Leitungen ein annähernd gleich starker Erdschluss vorhanden ist. Auch ist diese Art Erdschlussanzeiger *(ground detectors)* bei einem Leitungssystem, bei welchem der Mittelleiter an Erde gelegt ist, nicht verwendbar.

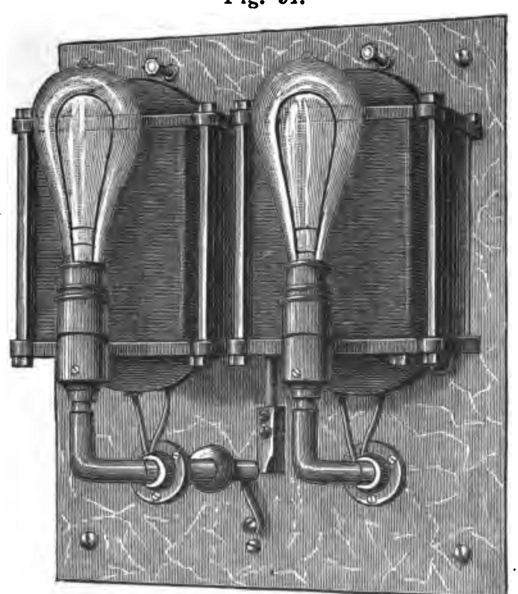
Auf dem angegebenen Principe beruht z. B. auch der von Kallmann in seinem Berichte über die Ausstellung in Chicago beschriebene Erdschlussanzeiger für Wechselströme, der in Fig. 91 abgebildet ist. Bei diesem sind die Primärspulen zweier kleiner Transformatoren in Serie mit einander verbunden und zwischen die Pole der Primär- (Hochspannungs-) Leitung geschaltet, während die Mitte dieser Verbindung an Erde gelegt ist. An jede Secundärwicklung ist eine Signallampe angeschlossen. Bei Auftreten eines Erdschlusses wird in Folge des eintretenden Nebenschlusses zu einer der Primärspulen eine Potentialverschiebung im secundären Kreise bewirkt, so dass aus der verschiedenen Helligkeit der Lampen auf den Erdschluss geschlossen werden kann.

Gleichwie bei der Gasbeleuchtung Producent und Consument in der Regel nicht in einer Person vereinigt sind, strebt man auch bei der praktischen Verwerthung der Elektricität danach, Centralstationen zu schaffen, von welchen aus ganze Stadttheile mit Elektricität versorgt werden sollen. Hierbei stellte sich, ebenso wie bei der Gasbeleuchtung, sofort das Bedürfniss heraus, den Consum der einzelnen Parteien

zu messen und zu registriren, um danach den Kaufpreis feststellen zu können. Solche **Elektricitätsmesser** oder Mess- und Registrirapparate für den Stromverbrauch sind auch in der That bereits, auf verschiedenen Principien beruhend, construirt worden.*)



Fig. 91.

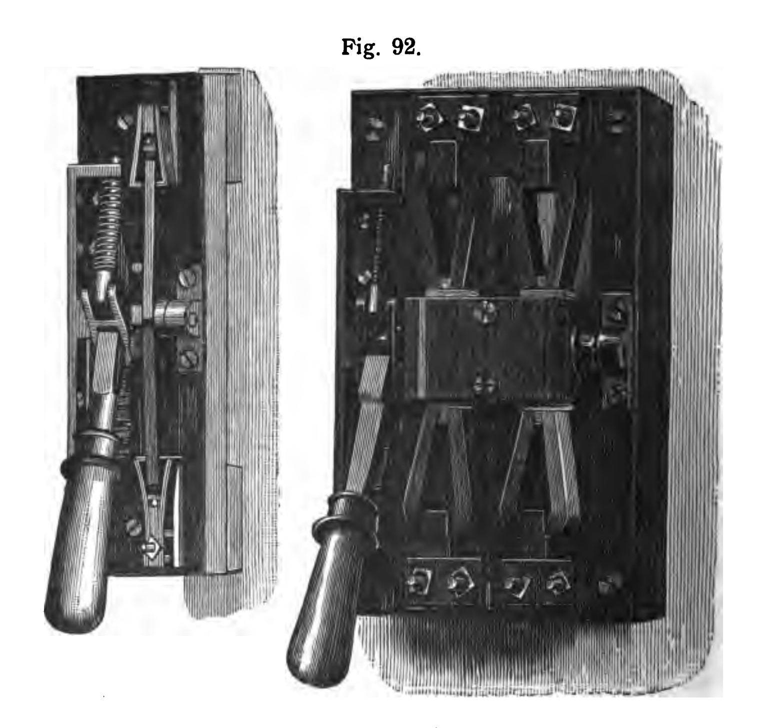


Die **Aus-** und **Umschalter** haben den Zweck, die In- und Ausserbetriebsetzung der Leitungen zu vermitteln. Alle derartigen Vorrichtungen, sie mögen mit der Hand zu bethätigen sein, oder automatisch wirken, müssen, wenn sie zur Unterbrechung von Leitungen

*) Elektrotechnische Bibliothek, Band XLIII: Die elektrischen Verbrauchsmesser.

dienen sollen, die unter Strom stehen, derart eingerichtet sein, dass der in Folge der hohen Stromstärken äusserst kräftige Oeffnungsfunke möglichst abgeschwächt und die Bildung eines Voltabogens an der Unterbrechungsstelle vermieden wird, weil sonst die Con-

Fig. 92.

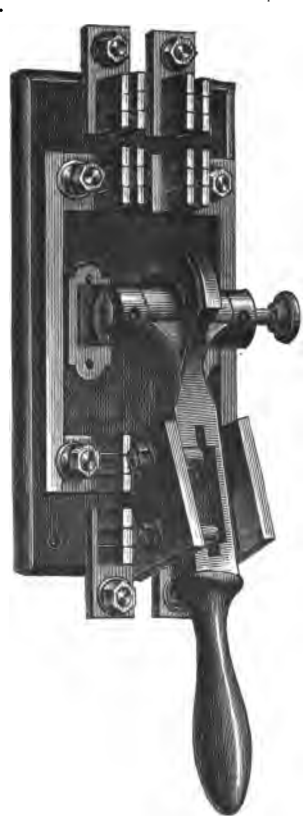


tactstücke zusammenschweissen können oder doch durch Abbrennen sehr rasch zu Grunde gehen würden. Man vermeidet diese Uebelstände zumeist durch möglichst plötzliches Unterbrechen, durch gleichzeitiges Unterbrechen an mehreren Stellen und durch Vergrösserung der Fläche auf der Unterbrechungsstelle.

Doch sucht man denselben Zweck wohl auch durch entsprechende Verbindungen des Ausschalters mit Condensatoren oder Inductionsspulen zu erreichen.

Fig. 93.





Die Schalthebel werden sowohl dazu benützt, einen Stromkreis zu öffnen oder zu schliessen, als

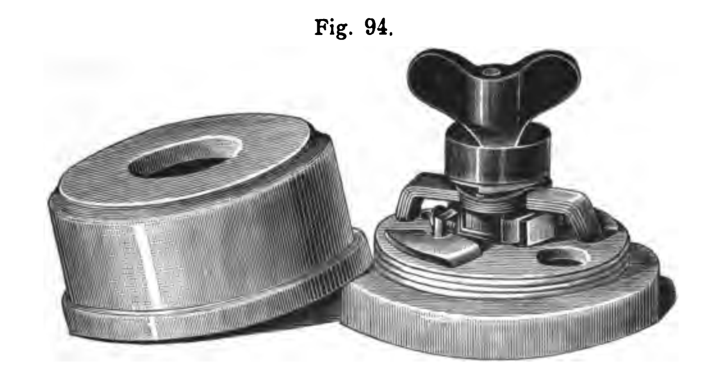
auch, um gleichzeitig mit der Unterbrechung des einen Stromkreises einen zweiten zu schliessen oder umgekehrt. In Fig. 92 und 93 sind einige derartige Schalthebel abgebildet. Siemens & Halske sorgen bei ihren Schalthebeln, Fig. 92, für ein rasches Aus- und Einspringen der Contacte durch Anwendung eines eigenthümlichen Kniehebelmechanismus und starke Spiralfedern. Die Contacte sind dadurch gebildet, dass ein drehbarer Messingstab an seinen beiden Enden durch zangenartige Federn eingeklemmt wird. Drückt man den Kniehebel herab, so werden die starken Spiralfedern zusammengedrückt und wirken im entsprechenden Momente durch eine zweckmässige Umsetzung derart auf den Messingstab, dass dieser zum plötzlichen Ausschnellen aus seinen Federcontacten gezwungen wird. Fig. 92 zeigt einen ein- und einen zweipoligen Schalthebel mit Kniehebelmechanismus. In Fig. 93 sind ein doppelpoliger Schalthebel und ein doppelpoliger Umschlaghebel abgebildet, wie solche von der Berliner Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft verwendet werden.

Für geringe Stromstärken, wie solche z. B. bei Installationen in Wohnungen u. dergl. vorkommen, bedient man sich der Dreh- oder Dosenausschalter, welche gewöhnlich derart eingerichtet sind, dass durch fortgesetztes Drehen eines Griffes oder Knopfes nach rechts die Leitung abwechselnd geschlossen und unterbrochen wird. Hierbei wird eine Drehung in entgegengesetzter Richtung (nach links) entweder durch eine Hemmung ganz verhindert oder der Griff geht leer.

Bei dem von der Firma Voigt & Haeffner construirten einpoligen Drehausschalter, Fig 94, sind auf einer Grundplatte aus Porzellan zwei Metallcontacte montirt, an welche die Leitungsdrähte durch Klemmschrauben befestigt werden. Die Zuführung der ersteren erfolgt durch zwei Bohrungen in der Grund-

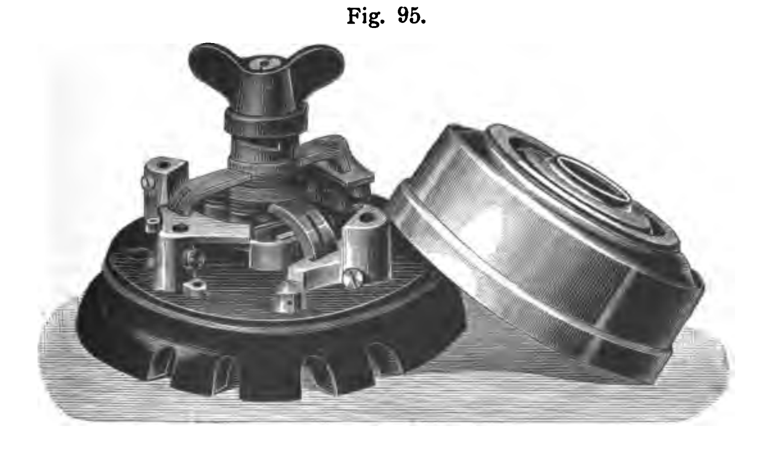
platte. Der drehbare Contacthebel ist aus Blattfedern gebildet, welche an ihren Enden abgebogen und ab-

Fig. 94.



gerundet sind, so dass sie nicht mit ihren Flächen

Fig. 95.



sondern mit ihren abgerundeten Kanten schleifen. Die Federn springen bei einer Drehung um 90^0 absatz-

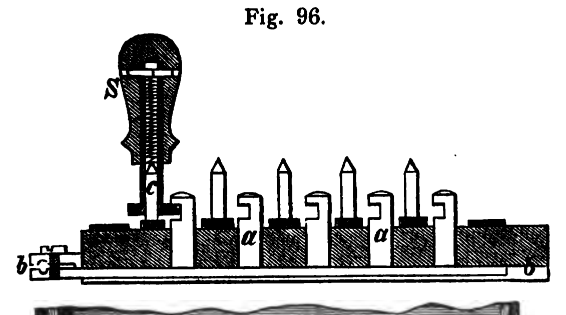
weise in die Zwischenstellung (wie in der Figur dargestellt) oder auf die Metallcontacte. Der Umschalter wird durch eine Porzellankapsel verschlossen, indem dieselbe auf einige Schraubenwindungen auf der Grundplatte aufgeschraubt wird.

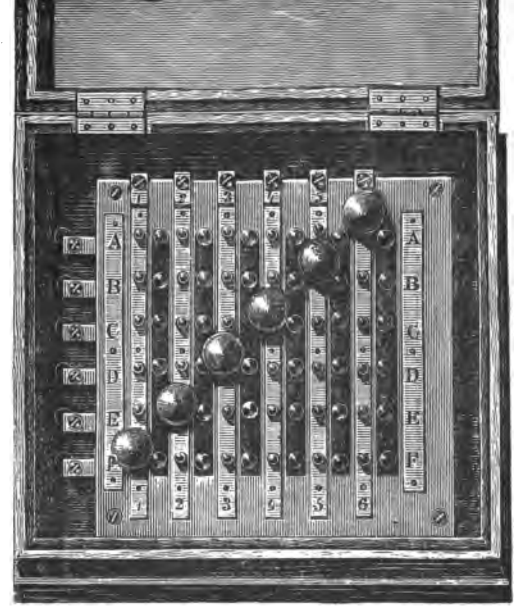
Der zweipolige Ausschalter derselben Firma, Fig. 95, ist in ganz ähnlicher Weise gebaut, nur besitzt derselbe zwei übereinander angeordnete und um 90° gegeneinander versetzte Schleiffederbündel und dementsprechend 4 Metallcontacte, von welchen ein Paar wieder unmittelbar auf der Grundplatte aufliegt, während das andere Paar, welches für das obere Schleiffederbündel bestimmt ist, in dessen Höhe sich befindet. In der Abbildung ruhen die Federn auf den Contacten und daher ist der Ausschalter geschlossen. Die Grundplatte besteht aus Steingut und ist behufs Einführung der Leitungen mit seitlichen Ausschnitten versehen. Der in der Abbildung abgehobene Metalldeckel wird über den oberen flachen Rand der Grundplatte aufgeschoben und durch Anziehen zweier seitlich den Deckelrand durchsetzender Druckschräubchen festgehalten.

Besteht eine Beleuchtungsanlage aus mehreren Maschinen und Lampenkreisen, so wünscht man gewöhnlich, jede Maschine mit jedem Stromkreise in Verbindung setzen zu können. Man bedient sich hierzu der sogenannten General-Umschalter. Der von der Firma Siemens & Halske construirte General-Umschalter ist in Fig. 96 in Schnitt und Aussicht dargestellt. Er besteht aus zwei unter rechtem Winkel sich überkreuzenden Systemen paralleler Messingschienen, welche durch eine zwischengelegte Holzplatte von einander isolirt sind. Auf den unteren Schienen *b* aufgesetzte Metallsäulchen *a* ragen über die oberen Schienen hinaus und sind an ihren freien Enden mit Einkerbungen versehen. Die oberen Schienen tragen die Metallzapfen *c*. Denkt man sich nun die untere Schienen-

reihe mit den Leitungen der Lichtmaschinen, die obere

Fig. 96.

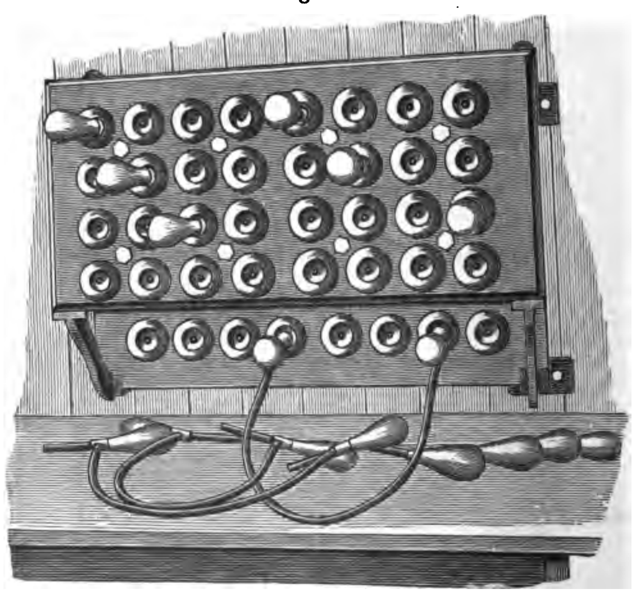




Schienenreihe mit den Lampenstromkreisen verbunden, so lassen sich Maschinen und Lampenstromkreise be-

liebig untereinander verbinden, wenn man die betreffenden Schienen dadurch miteinander in Contact bringt, dass man den Handgriff *S* auf den entsprechenden Zapfen *c* steckt, kräftig niederdrückt und durch eine Vierteldrehung dessen excentrischen Ansatz mit der

Fig. 97.



Einkerbung des betreffenden Säulchens *a* zum Eingriffe bringt. Die in der Höhlung des Handgriffes untergebrachte kräftige Spiralfeder sorgt für die Güte des Contactes.

Bei Hochspannungsleitungen kommt es in erster Linie darauf an, möglichste Gefahrlosigkeit zu erreichen und daher ist das Streben auch darauf gerichtet, alle stromführenden Theile der Schaltvorrichtungen möglichst

unzugänglich anzuordnen. Schaltvorrichtungen dieser Art, von welchen Fig. 97 eine Abbildung ist, kommen namentlich in Amerika häufig zur Anwendung bei Bogenlampenbetrieben in Serienschaltung. Diese Schaltvorrichtung, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit unseren Telephonumschaltern hat, ist hauptsächlich dadurch gekennzeichnet, dass sie an der Vorderfläche keinerlei stromführende Metalltheile zeigt. Die Contactstöpseln sind mit langen Metallstiften versehen, um hiermit die ziemlich tief hinter der Vorderwand liegenden Contacte zu erreichen.

Fig. 98.



Nicht in jedem Falle erscheint es zweckmässig, den Stromkreis möglichst rasch zu unterbrechen, da der hierbei entstehende Extrastrom eine desto höhere Spannung erlangt, je rascher die Unterbrechung erfolgt. Würde nämlich ein Stromkreis mit starker Selbstinduction, also z. B. der Stromkreis der Elektromagnete grosser Dynamomaschinen, plötzlich unterbrochen, so kann dann sehr leicht der Fall eintreten, dass der hochgespannte Oeffnungsstrom die Isolirung der Elektromagnetwindungen durchschlägt. Für solche Fälle bedient man sich daher langsam wirkender Ausschalter,

welche den Stromkreis erst dann gänzlich unterbrechen, wenn der Stromkreis bereits eine genügende Abschwächung erfahren hat. Man bedient sich hierzu gewöhnlich der Kohlenausschalter, wie z. B. ein solcher von Siemens & Halske in Fig. 98 abgebildet ist. Dieser Ausschalter wird vornehmlich zur Unterbrechung der Magnetschenkelkreise bei Dynamomaschinen angewandt. An demselben ist zu einem gewöhnlichen Messerausschalter *a* ein Kohlencontact parallel geschaltet. Soll der Stromkreis unterbrochen werden, so wird zunächst der Unterbrecher *a* geöffnet. Hierdurch wird gleichzeitig die sonst ausser Eingriff befindliche Schraube ohne Ende mit dem Schneckenrade in Eingriff gebracht, und man kann nunmehr durch Drehen an der Kurbel die obere, an den parallelen Kupferbändern hängende Kohle emporheben. Der hierbei sich bildende Lichtbogen bewirkt eine ganz allmähliche Unterbrechuug des Stromkreises. Ein plötzliches Oeffnen des Stromkreises ist durch die mechanische Construction des Apparates unmöglich gemacht, da beim Schliessen des Stromkreises Schraube und Schneckenrad ausser Eingriff kommen und dann die obere Kohle durch Federkraft wieder bis zur Berührung mit der unteren Kohle nach abwärts geführt wird. Ausserdem aber ist auch einer Abnützung der metallischen Contactstücke durch eventuelle Lichtbogenbildung vorgebeugt, indem in Folge der Parallelschaltung der Kohlencontacte die Funkenstelle an diese verlegt worden ist.

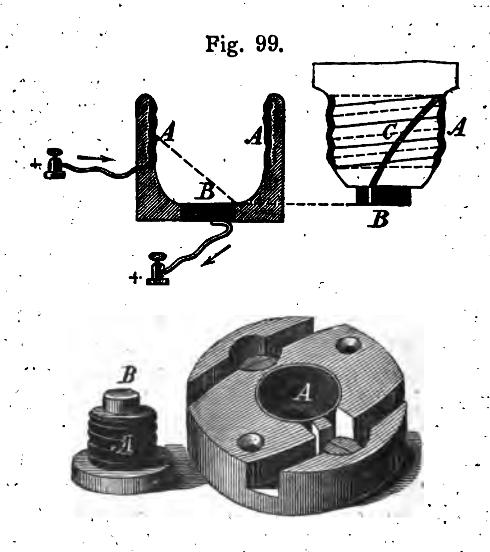
Auch für andere besondere Zwecke sind, diesen Rechnung tragend, Aus- und Umschalter construirt und in Gebrauch gesetzt worden, die theils durch die Hand bedient werden, theils automatisch wirken, auf welche jedoch hier nicht weiter eingegangen werden kann.*)

*) Vergl. auch: Elektrotechnische Bibliothek XXXIX: Materialien und Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen.

Um die Leitungen gegen Erwärmung zu schützen, welche durch Ströme bewirkt wird, die jene Stärke überschreiten, für welche die Leitungen berechnet wurden, sei es, dass ein solches Zunehmen der Stromstärke durch einen Kurzschluss oder auf eine andere Weise bewirkt wird, bedient man sich ganz allgemein der **Bleisicherungen**. Es werden zu diesem Behufe in die Leitungen Bleidrähte oder Bleibleche eingeschaltet, deren Dimensionen derart berechnet sind, dass die Bleisicherung sich bis zum Schmelzen erhitzt, sobald die Stromstärke über jenes Mass wächst, welches für die betreffenden Leitungen noch zulässig erscheint. Dadurch, dass dann die Bleisicherung im verlangten Momente schmilzt, unterbricht sie den Stromkreis und verhindert dadurch eine schädliche oder gar gefährliche Erhitzung der Leitung. Wenn Bleisicherungen einen verlässlichen Schutz gewähren sollen, so dürfen sie nicht zu sparsam verwendet werden. Es genügt nicht, nur die Hauptleitungen mit denselben zu versehen, sondern Bleisicherungen müssen bei jeder Leitungsverzweigung angebracht werden, an welcher stärkerer Draht in schwächeren übergeht. Ferner ist auch eine nur einpolige Bleisicherung unzulänglich, weil bei Anschluss an Centralen die Leitungen dauernd unter Strom stehen und daher bei Vorhandensein von Isolationsfehlern oder Erdschlüssen der Strom, trotz des Abschmelzens des Bleidrahtes, in der einen Leitung andauern kann. Als Materiale für die Bleisicherungen kommen sowohl reines Blei als auch Bleilegirungen zur Anwendung. So wenden z. B. Siemens & Halske reines Blei an, während Edison eine Legirung aus 60 Procent Blei und 40 Procent Zinn benützt. Für schwächere Ströme verwendet man zumeist Bleidrähte von ungefähr 3 cm Länge, die man in Stöpsel einschliesst und mit zwei Contactflächen an der Aussenseite derselben verbindet. Edison's Bleischaltung ist in Fig. 99 schematisch und in perspectivischer An-

sicht dargestellt. Der Stöpsel besteht aus Gyps und ist mit den Metallbelegen *A* und *B* versehen, von welchen ersterer eine Schraube bildet, welche in die Mutter *AAB* passt; letztere ist mit ihren Contactflächen *A* und *B* in die zu schützende Leitung eingeschaltet. Im Gypsstöpsel verbindet der Bleidraht *C* die beiden Metallflächen. Schraubt man daher den Gypsstöpsel

Fig. 99.



in seine Mutter ein, so werden die beiderseitigen Metallflächen miteinander in Contact gebracht und somit der Bleidraht in die Leitung eingeschaltet.

In Fig. 100—102 sind einige Formen jenes Materiales abgebildet, dessen sich die **Berliner Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft** für ihre Bleisicherungen bedient. Bei Fig. 100 und Fig. 101 gelangen Stöpsel zur Anwendung, bei Fig. 102 Bleistreifen. Fig. 100 stellt eine doppelpolige Stöpselsicherung für eine Leitungsabzweigung aus einer Doppelleitung dar.

Die Grundplatte besteht aus Porzellan, welches in den beiden quer durchgeführten Nuthen die beiden Hauptleitungen aufnimmt, die daselbst durch Schrauben festgeklemmt werden. In die darauf senkrecht stehenden Nuthen werden die beiden Abzweigleitungen eingeführt und gleichfalls festgeschraubt. Die sich daran schliessenden runden Bohrungen nehmen die Muttergewinde für die Edisonstöpsel auf, so dass durch Einschrauben der

Fig. 100.

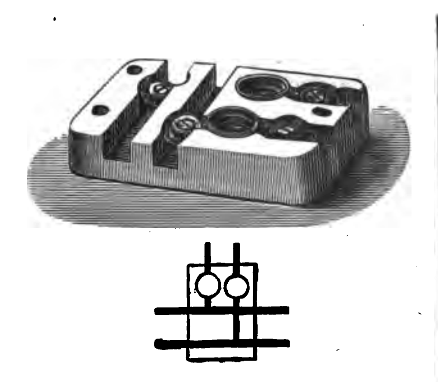
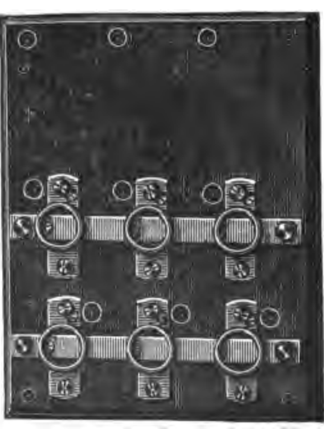


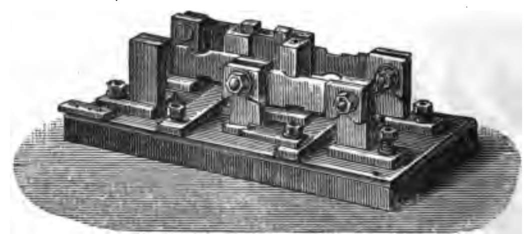
Fig. 101.

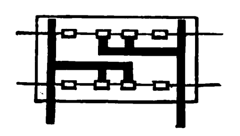


letzteren unter Vermittlung der Bleisicherungen in der bereits angegebenen Weise die Verbindung der Zweigleitung mit der Hauptleitung zu Stande kommt. Fig. 101 stellt die Abzweigung dreier Stromkreise von der Hauptleitung, die von 2 durchgehenden Kupferschienen gebildet wird, auf einem Schaltbrette dar. Die Muttergewinde für die Stöpsel sind hierbei auf Brücken oder Bügeln angebracht, welche die Hauptschienen, ohne dieselben zu berühren, quer übersetzen. Jeder eingeschraubte Stöpsel verbindet dann wieder

unter Vermittlung seines Bleidrahtes eine Hauptleitung mit einer Abzweigleitung. Bei höheren Stromstärken, für welche sich die Bleisicherung in einem Stöpsel nicht mehr gut unterbringen lässt, kommen Bleistreifen zur Anwendung, die, wie Fig. 102 zeigt, in die Leitung geschaltet werden. Um etwaige Gefahren, die durch das Einsetzen falscher Bleistöpsel in die Schaltvorrichtungen hervorgerufen werden können, hintanzu-

Fig. 102.





halten, bekommen die Stöpsel verschiedene Längen, die grösste für den dünnsten Draht und die geringste für den stärksten Draht. Das Einsetzen falscher Bleistöpsel wird durch Stifte verhindert, welche auf den ersteren sitzen und eine missbräuchliche Anwendung ausschliessen.

Ohne auf die verschiedenen Formen, welche den Bleisicherungen von Seite der einzelnen Fabrikanten gegeben worden sind, näher einzugehen, mögen hier nur noch jene Sicherungen Erwähnung finden, welche in jüngster Zeit von der Firma Siemens & Halske unter Zugrundelegung der Sicherheitsvorschriften des

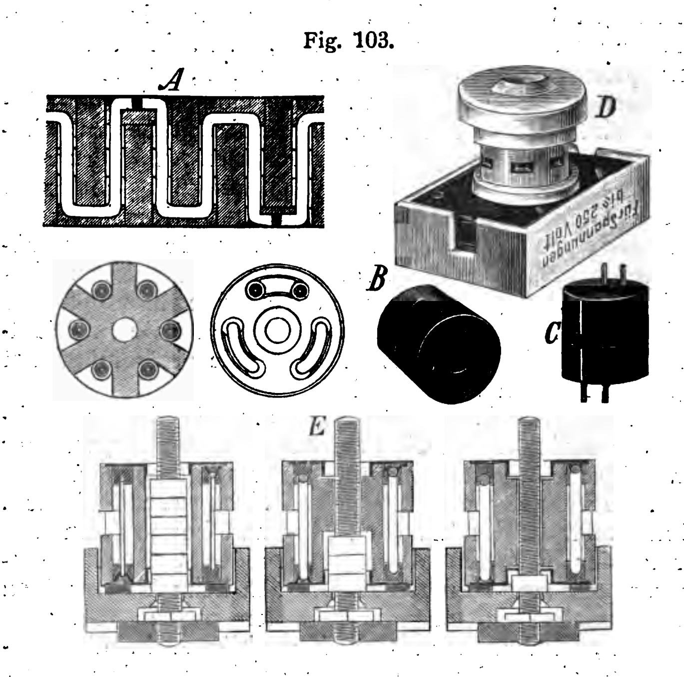
Verbandes deutscher Elektrotechniker construirt worden sind. Diese Construction resultirte, wie Hundhausen berichtet,*) aus einer langen Reihe eingehender Versuche. Man suchte durch dieselben zu einer Form zu gelangen, welche nicht nur den elektrischen Anforderungen Genüge leistet, sondern auch in gewissermassen mechanischer Beziehung, d. h. in dem Sinne entspricht, dass es unmöglich erscheint, an Stelle einer Sicherung für schwächere Ströme eine solche für stärkere einzusetzen. Die Hauptschwierigkeit bestand hierbei in der Erfüllung der erstgenannten Anforderungen, denn hiernach musste die Sicherung so construirt werden, dass sie bei der gewünschten Stromstärke zuverlässig abschmilzt, dass zwischen den nicht abschmelzenden Theilen weder direct noch durch Vermittlung der gleichzeitig auftretenden Metalldämpfe oder durch Veränderungen im Isolirmateriale ein Lichtbogen entsteht und überdies, dass sie einen möglichst geringen Raum beansprucht.

Der zur Aufnahme des Bleidrahtes bestimmte Isolirkörper erhielt daher die Form eines Cylinders, welcher in seiner Längsrichtung mit einer ungeraden Anzahl von Bohrungen versehen wurde, welche es ermöglichten, den Bleidraht im Zickzack hin- und herzuführen und trotz der geringen Abmessungen des Cylinders entsprechend lang zu machen. Um den beim Abschmelzen des Drahtes auftretenden Dämpfen freien Abzug zu sichern, sind in dem Cylinder seitliche, in die Bohrungen einmündende Oeffnungen hergestellt worden. Für die Stromzuführung zum oberen Ende der Patrone wurde es am praktischesten befunden, dieselbe durch die Mitte des Cylinders zu bewerkstelligen, weil sie hier gegen die Berührung mit Auspuffdämpfen am besten gesichert ist. Zur Durchführung des Bleidrahtes erhielt die Patrone schliesslich 6 Längsdurchbohrungen,

*) Berliner Elektrotechn. Zeitschrift 1887. Nr. 2 u. 3.

durch welche der Schmelzdraht in 2 zueinander parallel geschalteten Zweigen zickzackförmig hindurchgeführt wird. Diese Anordnung ist aus Fig. 103 *A* ersichtlich, welche eine schematische Abwicklung des Patronenmantels darstellt, wie sie auch an den Pa-

Fig. 103.



tronen ohne und mit eingezogenen Bleidrähten und ohne Contactplättchen in Fig. 103 *B* und *C* ersichtlich ist. Die Patrone wird oben und unten durch Contactplättchen abgeschlossen, von denen das untere stets die Bezeichnung trägt: »Für Spannungen bis 250 Volt«, während auf dem oberen die Stromstärke und der Leitungsquerschnitt angegeben sind, für welche die betreffende Sicherung bestimmt ist. Um die Anschluss-

contacte der Sicherung gegen Metalldämpfe zu schützen, wurde oben ein Deckel mit übergreifendem Rande und unten eine Deckplatte, beides aus Isolirmaterial, angebracht und das Ganze in ein Kästchen aus eben solchem Materiale eingesetzt, wie dies Fig. 103 *D* zeigt.

Als Material für den Isolircylinder erwiesen sich die gewöhnlichen isolirenden und zugleich feuersicheren Stoffe wie Glas, Porzellan, Speckstein u. dgl. als unbrauchbar, da sie bei der intensiven Hitze des Lichtbogens flüssig werden und sich mit Theilen des Bleidrahtes derart mischen, dass sie ihre Isolirfähigkeit nicht mehr beibehalten. Brennbare Isolatoren wie Holz, Vulkanfiber, Ebonit u. s. w. kamen wegen ihrer Unfähigkeit, einer dauernden Einwirkung grosser Hitze genügenden Widerstand zu leisten, nicht in Betracht, Gyps wurde verworfen wegen zu geringer mechanischer Festigkeit und Wasserbeständigkeit, und so gelangte man endlich zur Benützung des Cementes, als des für den vorliegenden Zweck geeignetsten Materials. Diese Cementcylinder erhalten eine Höhe von 35 mm bei einem Durchmesser von derselben Grösse und resultirte hierbei eine Schmelzdrahtlänge von 105 mm.

Um den vorerwähnten Anforderungen in mechanisch constructiver Richtung Genüge zu leisten, d. h. das Einsetzen eines zu starken Schmelzeinsatzes zu verhindern, werden einerseits in dem Mittelloche der Patrone verschieden tiefe Aussparungen angeordnet, denen am Gestellkörper anderseits verschieden hohe Ansätze entsprechen, welche durch Stellmuttern gebildet werden, die auf den mittleren Bolzen aufzuschrauben sind, wie dies aus Fig. 103 *E* zu ersehen ist, in welcher von den 6 in Ausführung gebrachten Typen (für 4 *A*, 6 *A*, 10 *A*, 15 *A*, 20 *A* und 30 *A*) die 1., 3. und 6. abgebildet sind.

Was die Anwendung der beschriebenen Sicherungen anbelangt, so werden dieselben als Einzelsiche-

rungen für gewöhnliche trockene Räume auf Porzellansockel, wie z. B. in Fig. 103 *D*, montirt, während für Freileitungen und feuchte Räume hierfür ein besonderer Isolator vorgesehen ist, Fig. 104. Behufs doppelpoliger Sicherung gelangen natürlich 2 Einzelsicherungen zur Anwendung. Ausser den Einzel-

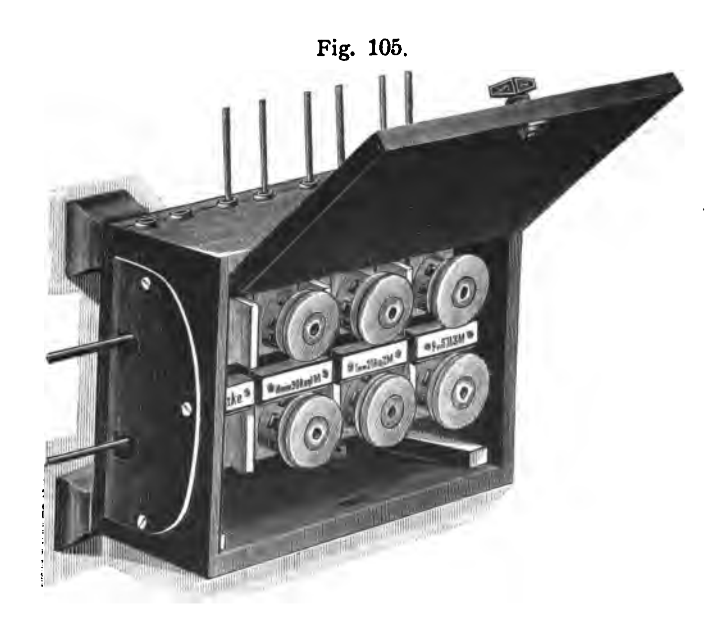
Fig. 104.



sicherungen sind auch sogenannte Vertheilungssicherungen hergestellt worden, durch welche eine grössere Anzahl von Abzweigleitungen, an einer Stelle vereinigt, gesichert werden kann. Eine solche Vertheilungssicherung, Fig. 105, wird der Hauptsache nach in folgender Weise aufgebaut. Auf dem Grundbrette, das von der Mauer durch Porzellanfüsse abgehalten wird, sind zwei horizontale Kupferschienen befestigt, an welche die beiden Kabel der Hauptleitung sich anschliessen.

Die Schienen erhalten eine der Zahl der Abzweigungen entsprechende Anzahl von Bohrungen, in welche die Patronenbolzen eingeschraubt werden. Hierauf stellt man die Patronenfüsse (oder Sockel) auf und legt sie durch Stellmuttern fest und schraubt auch die übrigen Stellmuttern auf den Patronenbolzen fest, wobei auch

Fig. 105.



Leim benützt werden kann, um nachträglich ein leichtfertiges Abschrauben einer oder mehrerer Stellmuttern zu verhindern. Dann werden die Cementpatronen eingesetzt und durch Aufschrauben des Patronendeckels festgeschraubt. Auf die Kupferschienen aufgesetzte und am Grundbrette befestigte Zwischenstücke aus Porzellan trennen die einzelnen Sicherungselemente von einander. Auf einer parallel zu den Kupferschienen

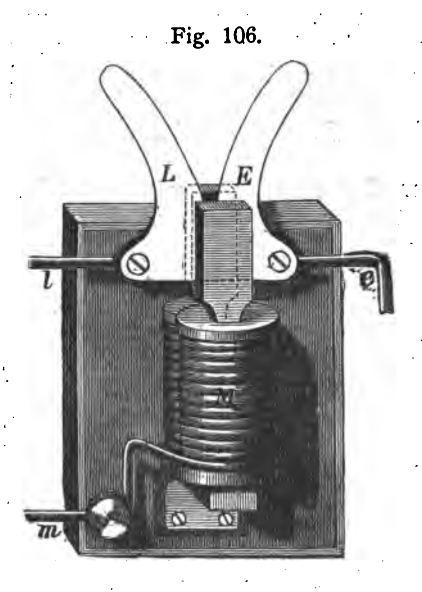
zwischen den Patronen befestigten Holzleiste können Täfelchen mit der Bezeichnung der Stromstärken u. dgl. angebracht werden. Diese Zwischenleisten haben ferner noch den wesentlichen Zweck, zwei benachbarte Sicherungselemente entgegengesetzter Polarität von einander zu trennen. Die gesammten Vertheilungssicherungen sind in einem Holzkasten eingeschlossen, aus welchem die abzweigenden Leitungen durch Porzellanhülsen isolirt herausgeführt werden.

Soweit oberirdische Leitungen ausserhalb der Gebäude verlaufen, sind sie der Einwirkung der atmosphärischen Elektricität ausgesetzt und müssen gegen dieselbe ebenso wie die mit ihnen in leitender Verbindung stehenden Kabelleitungen, Maschinen, Lampen u. s. w. durch eigene **Blitzschutzvorrichtungen** geschützt werden. Bei Starkstromleitungen ist der Blitzschutz insoferne noch nothwendiger wie bei Schwachstromleitungen, weil erstere, mit Ausnahme jener elektrischer Bahnen, die sich der Schienen zur Stromrückleitung bedienen, keine Erdleitung besitzen und daher die Gelegenheit zum Auftreten hoher Spannungsdifferenzen eine viel günstigere ist.

Die Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromleitungen haben im Allgemeinen denselben Anforderungen zu genügen, wie jene für Schwachstromleitungen, nämlich den Ausgleich aller Spannungsdifferenzen, die durch die atmosphärische Elektricität zwischen den Leitungen und der Erde hervorgerufen werden, ohne Schädigung von Person oder Sache auszugleichen. Bei den Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromleitungen ist aber auch noch dem Umstande Rechnung zu tragen, dass die atmosphärische Elektricität durch Funkenbildung zwischen der Starkstromleitung und der Erdleitung der Schutzvorrichtung den Weg für den Starkstrom erschliesst, so dass an der Unterbrechungsstelle ein Lichtbogen entsteht, der sofort zum Erlöschen gebracht werden muss.

Leiter, welche eine grössere Selbstinduction besitzen, setzen Entladungen wechselnder Richtung einen sehr bedeutenden Widerstand entgegen und hemmen auch die in gleicher Richtung sich folgenden Entladungen. Da nun Blitzschläge häufig Wechselströme von sehr hoher Wechselzahl darstellen dürften, so

Fig. 106.



wird man im Allgemeinen fordern müssen, dass der Blitzableiter keinerlei Selbstinduction besitze und werden umgekehrt z. B. Maschinen besser geschützt werden, wenn man in die Leitung zwischen Maschine und Blitzableiter Inductionsspulen schaltet.

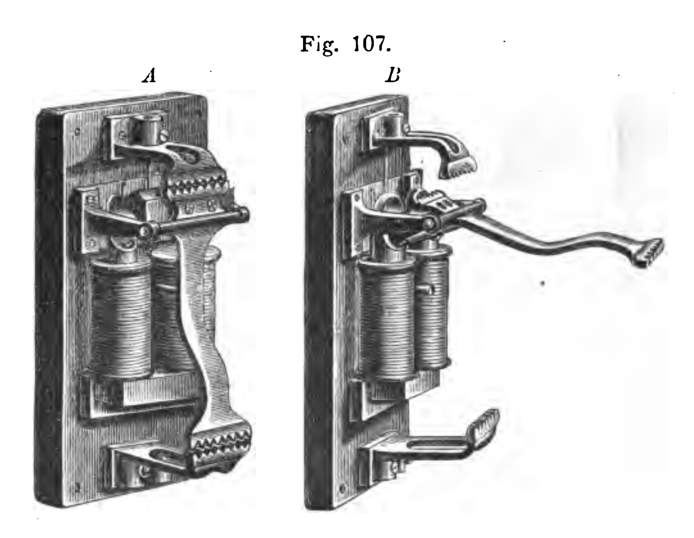
Die Leitung des Blitzableiters muss aber nicht nur inductionsfrei sein, sondern überhaupt eine möglichst gute Leitung darstellen und deshalb muss auch die Erdleitung eine möglichst gute oder der Ueber-

gangswiderstand an der Erdplatte ein möglichst geringer sein. Letzteres ist am leichtesten zu erreichen, wenn die Erdleitung an ausgedehnte Wasser- oder Gasrohrnetze angeschlossen werden kann. Sonst erhält man eine gute Erdleitung durch Versenken einer verzinkten Eisenplatte oder noch besser einer Kupferplatte in das Grundwasser. Endet die Erdleitung in einer Coacsbettung, welche vom Grundwasser erreicht wird, so soll ein Uebergangswiderstand von 6 Ohm erreicht werden, bei Coacsbettung ohne Grundwasser ein solcher von 10 Ohm, was zugleich als obere Grenze des zulässigen Uebergangswiderstandes zu bezeichnen ist.

Bei der Construction der Blitzableiter war man bestrebt, entweder den entstandenen Lichtbogen auf elektromagnetischem oder mechanischem Wege möglichst rasch zu löschen, oder überhaupt das Entstehen des Lichtbogens unmöglich zu machen. Eine elektromagnetische Löschung des Lichtbogens zeigt z. B. der Blitzableiter von Elihu Thomson, Fig. 106. Zwei gekrümmte Messer L und E sind mit der Linienleitung l, beziehungsweise Erdleitung e verbunden. Zwischen die Linienleitung l und die von der Maschine kommende Leitung m ist ein Elektromagnet geschaltet, dessen flache Pole zu beiden Seiten der an ihrem unterem Ende sich auf 1 Millimeter Entfernung gegenüberstehenden Messer emporragen. Der Magnet behält also so lange seine Wirksamkeit, als die Maschine im Betriebe steht. Wird nun in Folge einer Entladung atmosphärischer Elektricität zwischen L und E ein Voltabogen gebildet, so wird dieser durch die magnetische Kraft der beiden Pole zurückgedrängt und muss wegen der Krümmung der Messer immer wachsende Luftzwischenräume überbrücken; das Wachsen des Bogens wird aber bald in der bestimmten Stromstärke der Maschine seine Grenze finden, d. h. der Bogen muss erlöschen.

Bei der Blitzschutzvorrichtung von Wood bewirkt gleichfalls ein Elektromagnet die Unterbrechung des Lichtbogens. Die in Fig. 107 abgebildete Vorrichtung besteht aus zwei feststehenden Kämmen und einem drehbaren, den Anker des Elektromagnetes tragenden Doppelkamme. Der obere Kamm ist mit der Starkstromleitung verbunden, der untere an die Erde angeschlossen und der Elektromagnet liegt im Neben-

Fig. 107.



schlusse zur Funkenstrecke. Der Blitz kann also auch hier unter Vermeidung der Spule auf dem Wege über die beiden Funkenstrecken direct zur Erde. Der nachfolgende Maschinenstrom schlägt aber den Weg über die Drahtwindungen der Spulen ein, veranlasst dadurch die Anziehung des Ankers (Fig. 107 *B*), und unterbricht somit den Stromkreis an zwei Stellen. Der Magnet wird dann stromlos, lässt den Anker los und der daran sitzende Hebel kehrt mit den beiden Kämmen wieder in seine Ruhelage zurück (Fig. 107 *A*).

Durch besondere Einfachheit zeichnet sich die in Fig. 108 abgebildete Blitzschutzvorrichtung aus, bei welcher die Löschung des Lichtbogens auf rein mechanischem Wege erfolgt. Ein Pendel, bestehend aus einem kurzen Metalldrahte und einer Metall- oder Kohlenkugel, hängt an einem gleichfalls metallischen Träger, der mit einer Erdleitung verbunden ist. Unterhalb dieses Pendels und in geringer Entfernung (etwa 1 mm) ist eine Metall- (oder Kohlen-) Platte auf isolirender Unterlage, z. B. einer Porzellanplatte, befestigt. Der Zwischenraum zwischen Kugel und Platte lässt sich übrigens durch die Schraube *K*, die auf den Pendelträger wirkt, reguliren. Die Starkstromleitung steht mit der Platte in Verbindung und die ganze Vorrichtung ist in ein Blechgehäuse eingeschlossen. Erfolgt eine Blitzentladung, so tritt in Folge der plötzlichen Temperatursteigerung eine Lufterschütterung ein, welche im Vereine mit der Reactionswirkung das leichte Pendel seitwärts schleudert und dadurch den durch den nachfolgenden Maschinenstrom entstandenen Lichtbogen zerreisst.

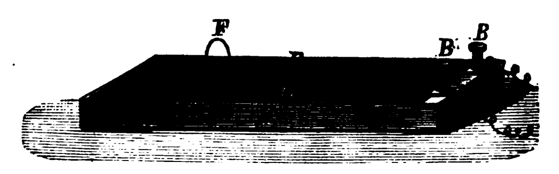
Fig. 108.



Ein in jüngster Zeit von der Firma Siemens & Halske construirter Blitzableiter beruht auf einem Experimente Faraday's, welches durch Fig. 109 erläutert wird. Die durch eine hölzerne Scheidewand in zwei Theile getheilte Wanne *C* ist mit Quecksilber gefüllt. Die Klemmen *BB* stehen mit dem Quecksilber je einer Abtheilung in Verbindung und dienen zur Stromzuführung. Auf dem Quecksilber schwimmt der Drahtbügel *EFD*. Sobald nun ein Strom von einer

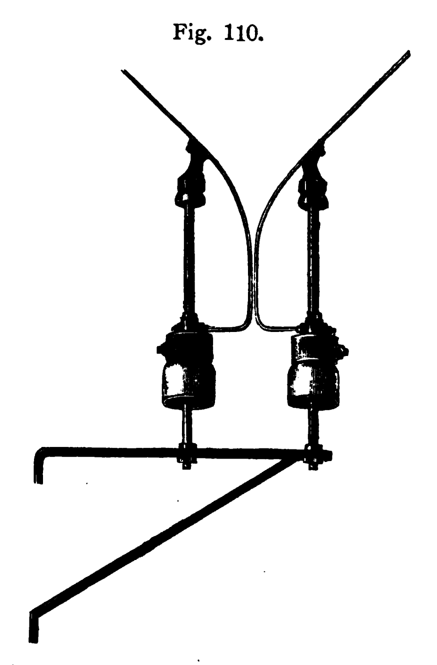
Klemme B über die eine Quecksilberrinne und dem Drahtbügel zur anderen Rinne und der zweiten Klemme

Fig. 109.



fliesst, bewegt sich der Bügel in der Richtung von den

Fig. 110.



Klemmen BB weg, also derart, dass der Stromweg verlängert wird. Wie dieses Experiment für die er-

wähnte Blitzschutzvorrichtung verwerthet wurde, ist aus Fig. 110 zu ersehen. Die auf dem Querträger aufgeschraubten Isolatorenstifte tragen zwei Porzellanisolatoren, welche am Kopfe mit Metallfassungen versehen sind, die ihrerseits wieder Stifte für kleinere, gleichfalls mit Metallfassungen versehene Isolatoren tragen. In diese Metallfassungen werden zwei Drähte, welche in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise gekrümmt sind, eingesetzt und mit ihren verticalen Theilen so nahe einander gegenüber befestigt, als es der Spannung des Stromes in der betreffenden Starkstromleitung entspricht. Der eine dieser Drähte wird mit der Starkstromleitung, der andere mit der Erde verbunden. Trifft eine atmosphärische Entladung die Starkstromleitung, so überspringt sie die durch die beiden gekrümmten Drähte gebildete Funkenstrecke und fliesst zur Erde ab. Folgt dieser Entladung die Bildung eines Lichtbogens an der engsten Stelle der Funkenstrecke, nahe den Metallfassungen, welche mit der Starkstromleitung, beziehungsweise mit der Erde verbunden sind, so wandert der Bogen, analog dem Bügel im vorerwähnten Experimente, von den Klemmen an den unteren Metallfassungen nach oben zu weg und muss in kürzester Zeit erlöschen, da er bei dieser Wanderung bald eine Entfernung der Drähte erreicht, welche er nicht mehr zu überbrücken vermag. Diese Blitzschutzvorrichtung soll sich bereits praktisch bewährt haben; da sie aber desto sicherer wirkt, je höher die Spannung in der Starkstromleitung ist, so wird sie für Spannungen unter 2000 V nicht verwendet.

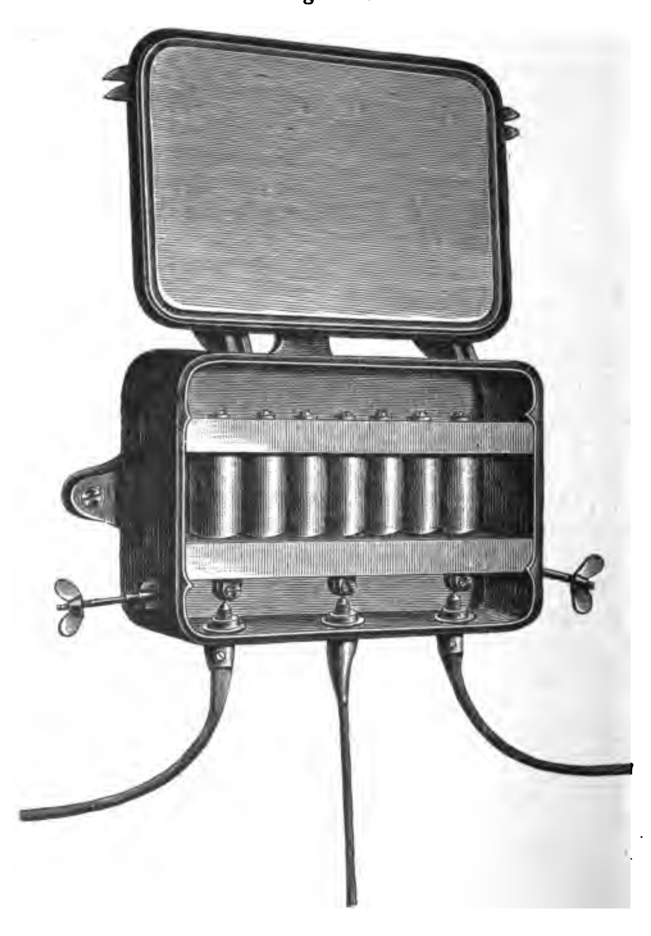
Eine jedoch nur für den Betrieb mit Wechselströmen verwendbare Blitzschutzvorrichtung ist dadurch bemerkenswerth, dass bei derselben die Löschung des Lichtbogens durch Anwendung bogenlöschender Metalle erreicht wird. A. J. Wurts hat nämlich gelegentlich einer grösseren Arbeit über Blitzschutzvorrichtungen die merkwürdige Thatsache gefunden, dass

ein Wechselstrom von 1000 V zwischen gewissen Metallen nur schwer einen Lichtbogen bildet. Auch ergab sich, dass dieses Verhalten sehr begünstigt wird, wenn die Luftschichte zwischen den Metallen eine geringe Dicke besitzt, während bei einer Dicke der Luftschichte von 5 bis zu 1 cm der einmal zu Stande gebrachte Lichtbogen nur schwer gelöscht werden konnte. Als solche bogenlöschende (oder **non arcing-**) Metalle erwiesen sich Zink, Antimon, Cadmium, Wismuth und Kupferamalgam. Magnesium besitzt dieselbe Eigenthümlichkeit, aber bei einer viel niedrigeren Spannung; bei 250 V fängt es bereits Feuer. Gleichstrom von 500 V Spannung gab weniger gute Resultate; Wurts erklärt dieses auffällige Verhalten der genannten Metalle dadurch, dass Metalloxyde in Dampfform verwandelt werden, sobald der Lichtbogen entsteht und dass diese Metalloxyddämpfe durch ihre geringe Leitungsfähigkeit das Erlöschen des Lichtbogens bewirken. Bei den übrigen Metallen sollen jedoch Metalldämpfe entstehen, welche in Folge ihrer guten Leitungsfähigkeit den Lichtbogen erhalten.

Auf Grundlage dieser Versuche hat Wurts den in Fig. 111 abgebildeten Blitzschutzapparat für Wechselströme construirt. Er besteht aus einer Reihe parallel gestellter Cylinder, deren Oberflächen bogenlöschende Metalle bilden. Die einzelnen Cylinder haben einen Durchmesser von 2·5 mm, eine Länge von 7·5 cm und sind durch ungefähr 0·8 cm dicke Luftschichten von einander getrennt. Die beiden äussersten Cylinder sind mit der zu schützenden Leitung verbunden und der mittlere Cylinder ist zur Erde abgeleitet. Für Wechselströme über 1000 V Spannung werden mehrere solche Apparate hintereinander geschaltet mit der Leitung verbunden. Erfolgt eine Blitzentladung, so tritt doch kein Kurzschluss der Dynamomaschine ein, weil die bogenlöschenden Metalle der Cylinder die Bildung des Lichtbogens verhindern. Bei Versuchen, die mit diesem

Apparate gemacht worden sind, verschwand selbst nach einer grossen Anzahl durch hochgespannten Wechselstrom hervorgerufener künstlicher Entladungen der

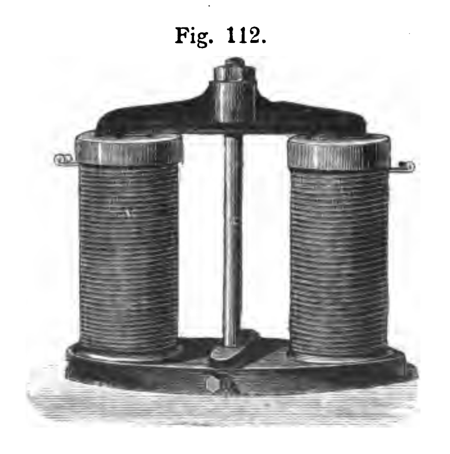
Fig. 111.



Lichtbogen stets sofort, und es zeigte sich nur eine geringe Schwärzung an jenen Punkten der Metallflächen, an welchen die zahlreichen, kräftigen Funkenentladungen übergegangen waren.

Die von Voigt & Haeffner in Verkehr gesetzte Blitzschutz-Vorrichtung ist in Fig. 112 abgebildet. Auf einer gusseisernen Grundplatte sind Säulen von 70 mm Durchmesser aufgestellt, welche durch abwechselndes

Fig. 112.



Aufeinanderlegen von 3 mm starken Zink- und ungefähr 0·3 mm dicken Glimmerscheiben gebildet werden. Die Säulen sind oben durch Porzellanplatten abgedeckt, welche durch einen von einem Schraubenbolzen gehaltenen Bügel niedergedrückt werden. Die obersten Zinkscheiben der beiden Säulen tragen Oesen, an welche die beiden Leitungshälften angeschlossen werden, während die auf der Grundplatte aufliegenden untersten Zinkplatten durch eine an der Grundplatte angebrachte Klemmschraube mit der Erdleitung in Verbindung stehen. Atmosphärische Entladungen gelangen an der Aussenseite der Cylinder, von Zinkplatte zu Zinkplatte

überspringend, in die Erdleitung; der Starkstrom vermag jedoch nicht zu folgen, weil er, wenn die Anzahl der Plattenpaare der Stromspannung entsprechend bemessen ist, die vielen durch die Glimmerplatten gebildeten Unterbrechungsstellen nicht zu überwinden vermag. Da bei dieser Anordnung ein restlicher Theil der Entladung aber immerhin zur Dynamomaschine gelangen kann, so wird, von der oben erwähnten Wirkung der Selbstinduction Gebrauch machend, vor die Maschine noch eine Drahtspule von hoher Selbstinduction, aber geringem Widerstande geschaltet.

E. Müllendorff suchte eine Blitzschutz-Vorrichtung zu construiren, bei welcher das Entstehen des Funkens bei atmosphärischen Entladungen unterdrückt und daher überhaupt kein Lichtbogen ermöglicht wird. Die durch die atmosphärische Elektricität hervorgerufene Potentialdifferenz zwischen der Starkstromleitung und der Erde soll vielmehr durch einen continuirlichen Ausgleich (wie z. B. im Glimmlichte oder im Elmsfeuer) beseitigt werden. Müllendorff gelangte hierbei zu der in Fig. 113 abgebildeten Blitzschutz-Vorrichtung, welche von der Firma Gebrüder Naglo in Verkehr gesetzt wird. In dem Metallboden, der mit der Erde verbunden wird, ist ein Glasrohr eingekittet, welches eine Säule, bestehend aus Kohlenscheiben und zwischengelegtem, mehrfach zusammengefaltetem, paraffinirtem Papier, enthält. Am oberen Rande des Glasrohres ist das Gewinde für den Metalldeckel aufgekittet, welcher so weit aufgeschraubt wird, dass er die Säule mit gelindem Drucke zusammenpresst. Der Deckel wird mit der Starkstromleitung verbunden. Wie aus der Abbildung ersichtlich, umfassen die Papierschichten die auf ihnen ruhenden Kohlenscheiben bis über die Hälfte ihres seitlichen Randes, wodurch das Ueberspringen eines Funkens von Kohle zu Kohle verhindert, eine Berührung der Kohlen mit dem Glase, also auch dessen Verunreinigung mit Kohlenstaub ver-

mieden und die ganze Säule im Rohre fixirt ist. In der Mitte des Bodens befindet sich ein Loch, um erforderlichen Falles die Säule von unten aus dem Glasrohre herausstossen zu können. Die Schutzvorrichtung wirkt in der Art, dass die hochgespannte atmosphärische Elektricität durch die ganze Säule ohne Funkenbildung continuirlich zur Erde abfliesst, während der Starkstrom die paraffinirten Papierschichten nicht zu durchdringen vermag. Solche Kohlenblitzableiter sind z. B. im städtischen Elektricitätswerke Blankenburg am Harz und im Elektricitätswerke der Hauptwerkstätten und Bahnhöfe Gleiwitz, welche beide im Dreileitersystem mit 220 V Spannung zwischen den Aussenleitern arbeiten, in Verwendung und haben auch bei starken Gewittern tadellos functionirt.

Fig. 113.

Bezüglich der Anbringung der Blitzableiter möge schliesslich noch bemerkt werden, dass dieselben hauptsächlich beim Eintritte von Freileitungen in Gebäude, beim Uebergange solcher Leitungen in Kabelleitungen und beim Anschlusse derselben an Transformatoren in Anwendung zu kommen haben, sonst aber gleichmässig in der Leitungsanlage zu vertheilen sind. Bezüglich der Zahl der Blitzableiter sind die localen Verhältnisse zu berücksichtigen, wie namentlich die Häufigkeit und Heftigkeit der Gewitter im betreffenden Orte. Im Allgemeinen wird allerdings die Sicherheit durch Vermehrung der Blitzschutz-Vorrichtungen erhöht, doch ist hierbei nicht zu übersehen, dass durch eine solche Vermehrung nicht nur die Kosten erhöht werden, sondern auch jene Gelegenheiten eine Ver-

vielfachung erfahren, durch welche Betriebsstörungen herbeigeführt werden können. Da nämlich fast alle Blitzschutzvorrichtungen Funkenstrecken enthalten, so können sie in der mannigfachsten, sehr häufig gar nicht vorauszusehenden Weise, wie z. B. durch das Hineingerathen von Insecten, Mäusen, Vögeln u. s. w. Erdschlüsse oder Kurzschlüsse bewirken. Aus diesem Grunde sollen auch die Blitzschutz-Vorrichtungen zwar unzugänglich für Unberufene, aber zugänglich für Berufene angebracht werden, welch letztere diese Apparate von Zeit zu Zeit und namentlich nach jedem stärkeren Gewitter, durch welches Metallschmelzungen verursacht worden sein können, einer genauen Besichtigung unterziehen sollten. Für Strombetriebe mit lebensgefährlichen Spannungen ist ferner auch ein Ausschalter für die Blitzschutzvorrichtung anzuempfehlen, um Arbeiten, welche an derselben nothwendig geworden sind, jederzeit ohne Einstellung des Starkstrombetriebes vornehmen zu können.

SACH-REGISTER.

Accumulatoren 71.
Accumulatoren-Schaltung 72.
— Unterstationen 84.
Achsenlager 18.
Ampèremeter 193.
Auerlicht 98.
Ausgleichmaschinen 71.
Ausgleichsleitungen 61.
Ausschalter 203.
Automatischer Zellenschalter 79.
Automatrheostat 50.

Belastungsrheostat 46.
Beleuchtung 102.
Beruhigungswiderstand 117.
Betriebskraft 3.
Bleisicherungen 213.
Blitzschutz-Vorrichtungen 222.
Bogenlampen 103.
Bogenlampen, Aufhängung 158.
— Masten 161.
— Montage 153.
— von Brush 106.
— von Marks 110.
Bogenlichtcurven 114.
Bogenlöschende Metalle 228.
Bürsten 19.

Carcelbrenner 95.
Collector 19.
Commutator 19.
Consummesser 193.
Contactstöpsel 151.
Contact-Voltmeter 197.
Controlapparate 193.

Dampfdynamos 33.
Dampfmaschine 4.
Dauerbrenner 109.
Differentiallampen 116.
Directe Stromvertheilung 57.
Dochtkohle 104.
Doppel-Zellenschalter 77.
Dosenausschalter 206.
Dowsongas 11.
Drehausschalter 206.
Drehstrom 94.
Dreileitersystem 65.
Drosselspulen 119.

Edisonfassung 137.
Einfachzellenschalter 74.
Elektricitätszähler 193.
Elektrodynamischer Stromzeiger 193.
Emailrheostate 48.
Erdschlussprüfer 201.

Fünfleitersystem 67.

Gasdynamo 36.
Gasmotoren 8.
Generalumschalter 208.
Glaskugeln 153.
Glühlampen 122.
Glühlampen-Fassungen 137.
— hochvoltige 68.
— Lebensdauer 127.
— Montage 141.
— Qualität 134.
— ground detectors 202.

Handwiderstände 44.
Hauptschlusslampen 116.
Hefnerlicht 96.
Hochgespannte Ströme 62.
Hochvoltige Glühlampen 68.
Holzleisten 177.
Homogenkohle 104.

Indirecte Stromvertheilung 57, 71, 84.
Installationsmaterial 180.
Invertirte Lampen 156.
Isolationsmesser 193.
Isolirung der Maschine 18.

Kabelschuhe 180.
Kipplampe 149.
Klemmisolator 186.
Kohlenausschalter 212.

Lampengläser 153.
Laternen 155.
Lebensdauer der Glühlampen 127.
Leitungen 173.
Leitungsschnüre 151, 175.
Leuchtkraft 95.
Lichtbedarf 165.
Lichtstärke 95.
Lichtverlust durch Lampengläser 153.
Lichtvertheilung 165.
Locomobilen 8.

Magnetische Anordnung der Maschinen 17.
Maschinengestelle 17.
Maschinenschaltung 25.
Masten für Bogenlampen 161.
Material für Leitungen 173.
Mehrleitersysteme 65.
Mehrphasiger Wechselstrom 94.
Messapparate 193.
Meterkerze 102.
Montage der Bogenlampen 153.
Montage der Glühlampen 141.

Nebenapparate 193.
Nebenschlusslampen 116.
Non arcing-Metalle 229.

Ohmmeter 193, 198.

Parallelschaltung 58.
Phasenindicator 31.
Pinsel 19.
Praktische Lebensdauer der Glühlampen 127.
Prüfdrähte 62.

Reflectorlampen 156.
Regulator 43.
Reihenschaltung 57.
Rheostate 44.
Riemenantrieb 36.
Ringleitung 62.
Ringschmierung 18.

Schalthebel 205.
Schaltung der Maschinen 25.
Schnellläufer 6.
Seilantrieb 36.
Serienschaltung 41, 57.
Sicherungen 213.
Signal-Voltmeter 197.
Spannungsmesser 193.
Spannungsverlust 59.
Speiseleitungen 61.
Sphärische Leuchtkraft 132.
Spiraldübel 178.
Spulen 25.
Steckcontacte 151.

Strom-Abgeber 19.
— Erzeuger 17.
— Regulator 43.
— Regulirung 40.
— Sammler 19.
— Stärkemesser 193.
— Vertheilung, directe 56.
— Vertheilung, indirecte 71.

Transformator 85.
Transformatoren-Unterstationen 90.
Turbinen 36.

Umschalter 203.

Verbindungsklemmen 180.
Verbrauchsmesser 193.
Vertheilungsleitungen 61.
Violle 96.
Voltmeter 193.
Vorschaltwiderstand 117.

Wassergas 11.
Wasserkräfte 13.
Wattverbrauch bei Glühlampen 124.
Widerstände 44.
Widerstandsmesser 193.
Windmühlen 16.

Zellenschalter 74.
Zusatzmaschine 83.
Zweileitersystem 59.

NAMEN-REGISTER.

Abraham: Dampfmaschine 6.
Addenbrooke: Dreileitersystem 69.
Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (Berlin): Bogenlampen-Aufhängung 158.
— Glühlampenfassung 138.
— Installationsmaterial 180.
— Lichtbedarf 170.
— Messapparate 195.
— Schalthebel 206.
— Sicherungen 214.
— Steckcontacte 152.
— Stromregulator 55.
— Vorschaltwiderstände 118.
Ayrton: Ohmmeter 199.

Barnard: Dreileitersystem 69.
Bergmann & Co.: Installationsmaterial 182.
Bláthy: Automatrheostat 50.
Boeddinghaus: Spiraldübel 178.
Bourguin: Beleuchtungsarten 10.
Brootherhood: Dampfmaschine 6.
Brush: Bogenlampe 106.
— Commutator 19.
— Serienschaltung 41.
— Stromregulator 52.

Carl, J.: Glühlampenfassung 140.
Carpenter: Emailrheostat 48.
Cohn, H.: Lichtbedarf 165.
Cruto: Glühlampe 137.

Dicke: Wärmeabgabe bei verschiedenen Lichtquellen 9.
Dòlivo-Dobrowolsky: Messapparate 195.
Dowson: Wassergas 11.

Edison: Sicherungen 213.
— Stromregulator 52.
Elektricitäts - Actien - Gesellschaft, vorm. Schuckert & C.: Lampengläser 154.
— Reflectorlampen 156.
Elster: Laternen 156.

Faesch & Picard: Turbinen 36.
Feldmann & Nagtglas: Wattverbrauch bei Glühlampen 124.
Ferranti: Schleifringe 19.
Forbes: Bürsten 20.
Frister: Bogenlampen 162.

Ganz & Co.: Bogenlampe 162.
— Centrale Késmárk 36.

Ganz & Co.: Glühlampenfassung 139.
— Kipplampe 149.
— Maschinenschaltung 29.
— Wandarm 165.
Gebrüder Körting: Gasdynamo 36.
Gebrüder Naglo: Blitzschutz-Vorrichtung 232.
Gooldon-Evershed: Ohmmeter 198.
Gravier: Stromregulator 52.
Guthrie: Lampengläser 153.

Hartmann & Braun: Installationsmaterial 187.
Hardtmuth & Co.: Dauerbrenner 108.
Hefner-Alteneck, F. v.: Lichteinheit 96.
Hein, C.: Bogen- und Glühlampenschaltung 121.
Heller, F.: Klemmisolator 186.
Hundhausen: Sicherungen 217.

Jaspar: Laternen 156.

Kallmann: Erdschlussanzeiger 202.
— Emailrheostate 49.
Kremenezky, Mayer & Co.: Drosselspulen 120.

Lane-Fox: Stromregulator 52.

Marks, L. B.: Bogenlampe 110.
Müllendorff, E.: Blitzschutzvorrichtung 232.
Müller & Einbeck: Einfach-Zellenschalter 75.
— Doppelzellenschalter 79.
Mützel: Auerlicht 98.

Osenberg: Masten 163.

Pacinotti-Gramme: Collector 19.
Paislay, D.: Glühlampen 133.
Perci & Schacherer: Leitungsschnüre 175.
Perry: Ohmmeter 199.
Peschel: Installationsmaterial 187.

Reidhead, F. E.: Lampengläser 153.
Rentsch: Bogenlampen 162.

Scheicher, Schum & Co.: Gasdynamo 36.
Schuckert & Co.: Dampfdynamo 35.
— Stromregulator 52.
Siemens & Halske: Blitzableiter 226.
— Generalumschalter 208.
— Glühlampenfassung 139, 141.
— Kabelschuhe 180.
— Kohlenausschalter 212.
— Lampengläser 154.
— Lampenkohlen 105.
— Maschinenschaltung 27.
— Messapparate 193.
— Schalthebel 206.
— Sicherungen 213, 216.
— Verbindungsklemme 180.
Siemens, W. v.: Gasmotoren 9.
Sumpner: Lichtwirkung 167.

Thomson-Houston: Commutator 19.
— Serienschaltung 41.
— Stromregulator 43.
Thomson, W.: Windmühlen 16.
Thury: Stromregulator 52.
Tudor, Accumulatorenfabrik: Zellenschalter 74.

Uppenborn: Gasmotoren 11.
— Installationsmaterial 187.
— Lampengläser 154.
— Lichtbedarf 171.
— Ohmmeter 199.

Violle: Lichteinheit 96.
Voigt & Haeffner: Blitzschutz-Vorrichtung 231.
— Bogenlampen - Aufhängung 161.
— Dosenausschalter 206.
— Glühlampenmontage 145.
— Steckcontacte 153.
— Vorschaltwiderstände 119.

Wedding, W.: Lampengläser 153.
Weinert, K.: Laterne 155.
Westinghouse: Dampfmaschine 6.
Wood: Blitzschutz-Vorrichtung 225.
Woodhouse & Rawson: Glühlampe 137.
Wurts, A. J.: bogenlöschende Metalle 228.
Wybauw: Lichtbedarf 166.

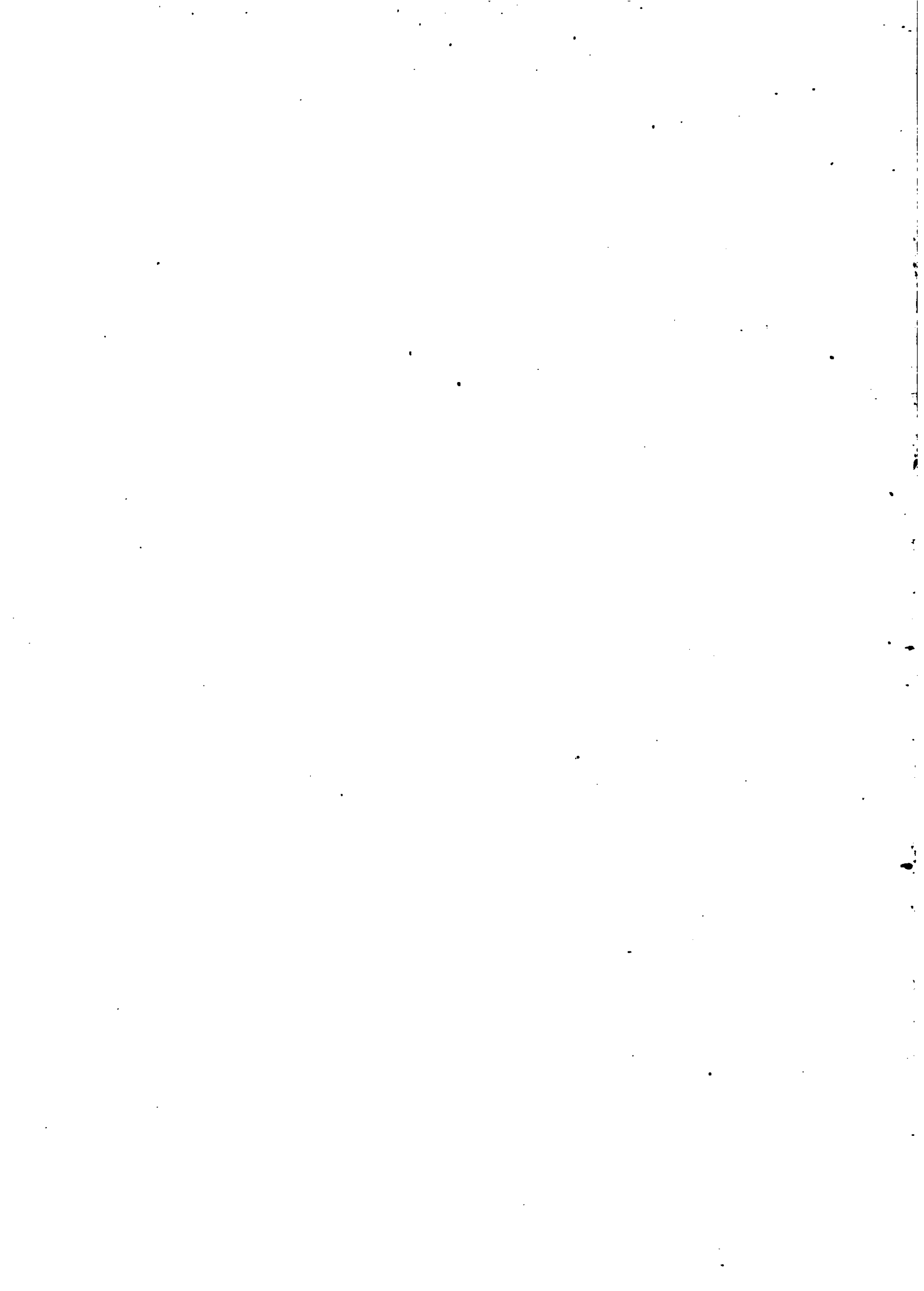
Zehme, C.: Dampfmaschinen 4.

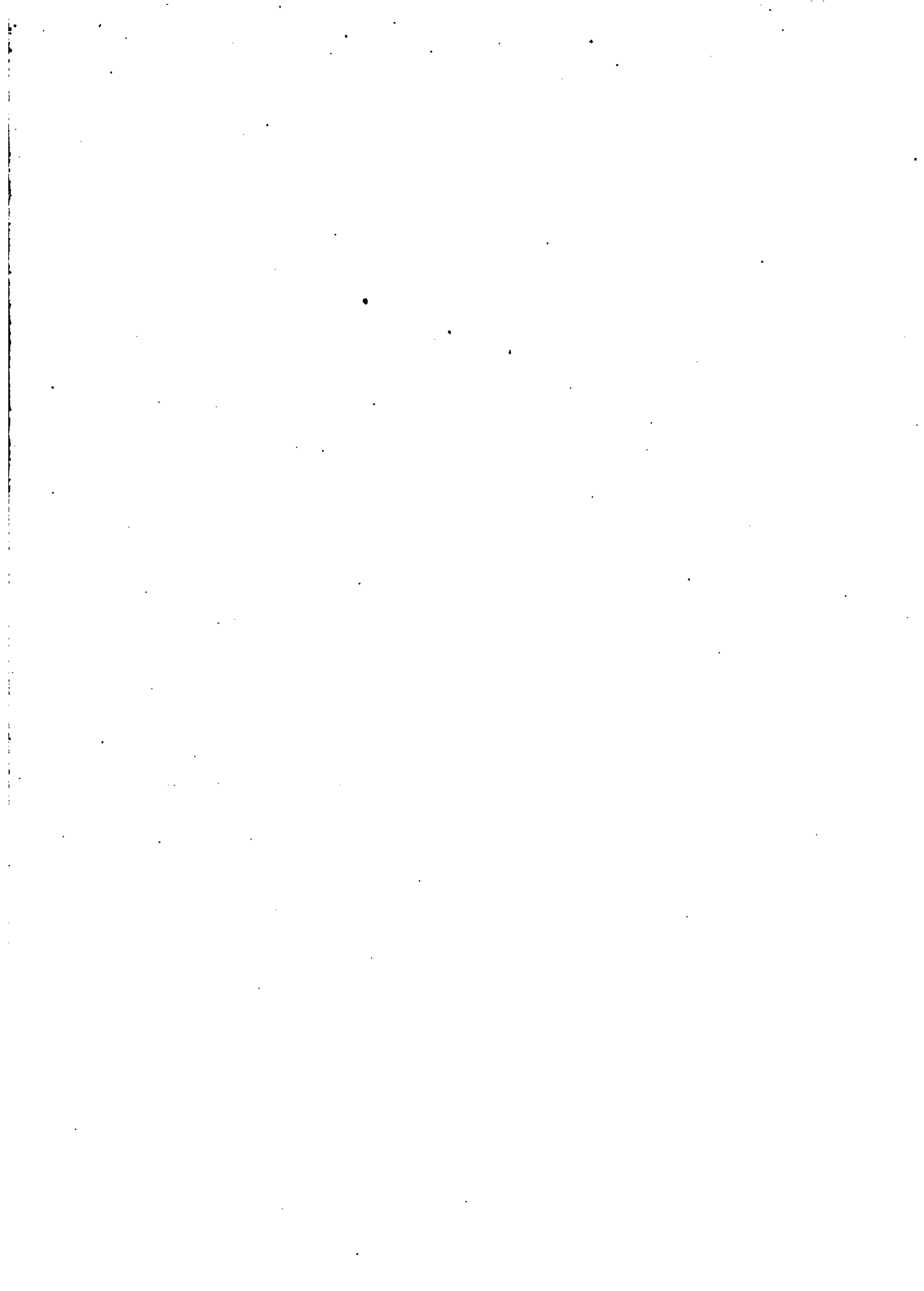
ma-

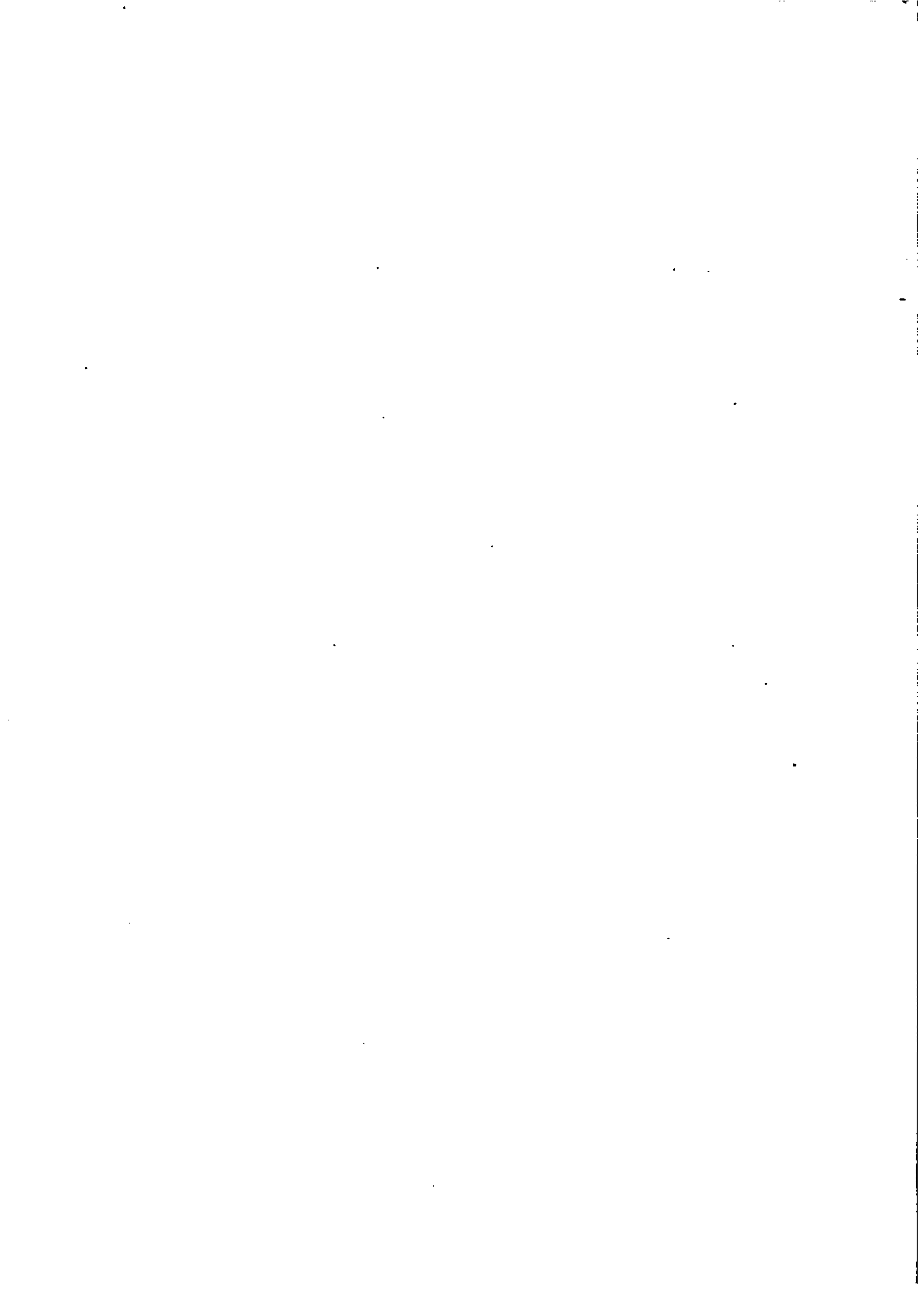
un

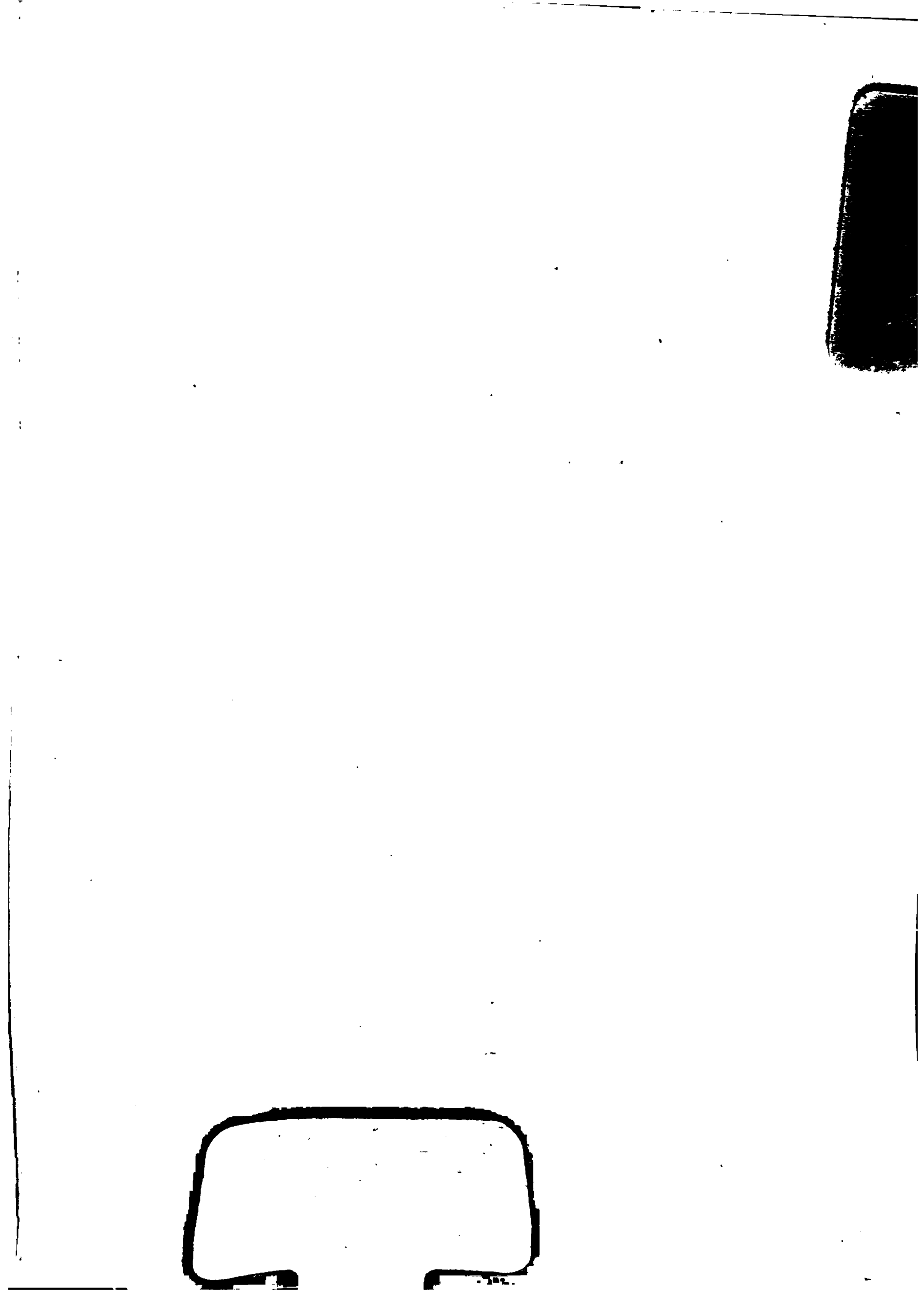
ende

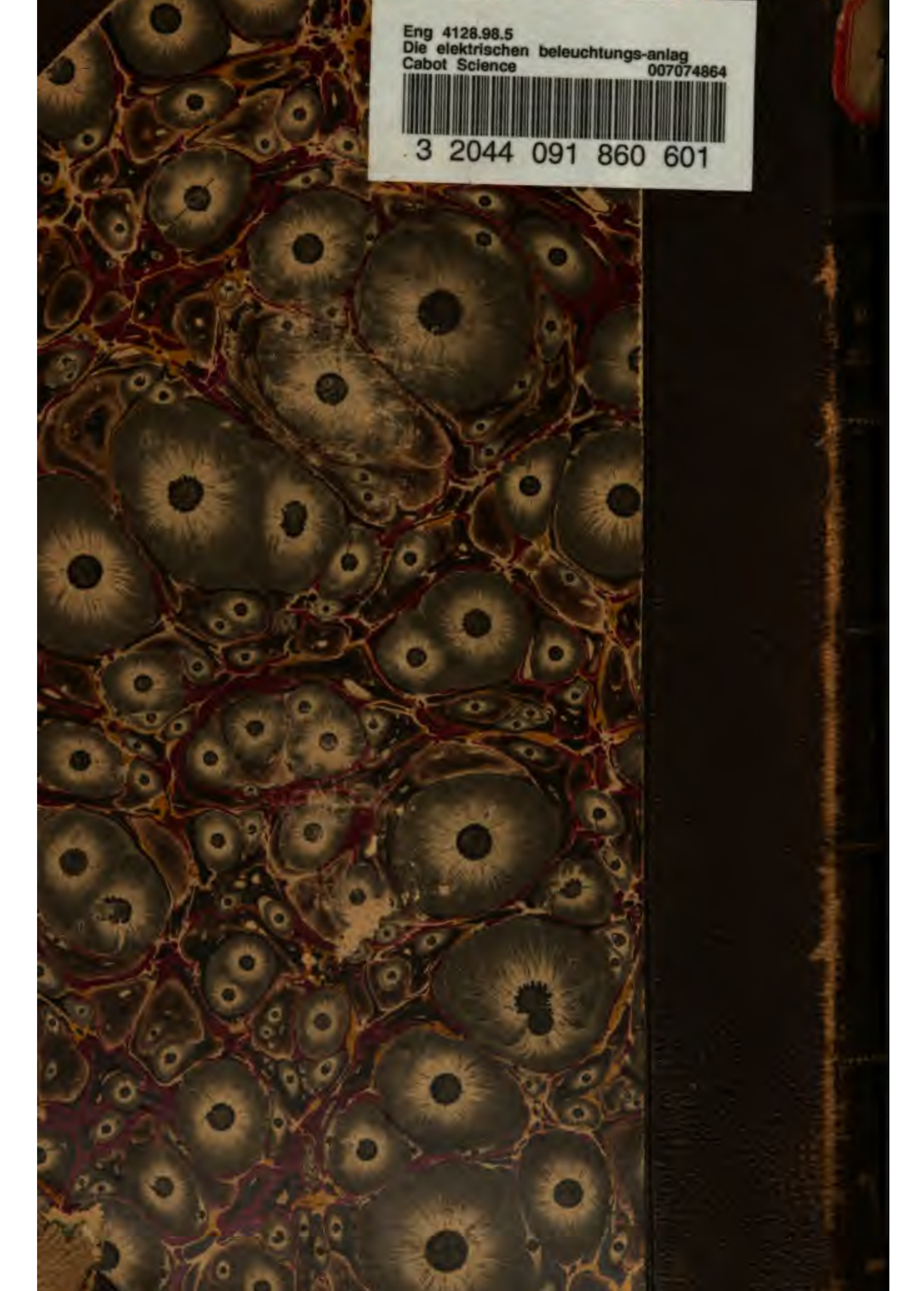
en 4.










Eng 4128.98.5
Die elektrischen beleuchtungs-anlag
Cabot Science 007074864
3 2044 091 860 601